

**KLINISCHE, RÖNTGENOLOGISCHE UND SZINTIGRAPHISCHE  
UNTERSUCHUNG DER HALSWIRBELSÄULE DES PFERDES  
UNTER SPEZIELLER BERÜCKSICHTIGUNG  
DER SPINALEN ATAXIE**

**WOLFGANG MAXIMILIAN BSCHORER**

Disbui. München

1988





Digitized by the Internet Archive  
in 2026



Aus der Chirurgischen Tierklinik  
der Tierärztlichen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität München

Kommissarischer Vorstand: Prof. Dr. Dr. h. c. G. Dirksen

KLINISCHE, RÖNTGENOLOGISCHE UND SZINTIGRAPHISCHE  
UNTERSUCHUNG DER HALSWIRBELSÄULE DES PFERDES  
UNTER SPEZIELLER BERÜCKSICHTIGUNG DER SPINALEN ATAXIE

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde  
der Tierärztlichen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität München

von  
Wolfgang Maximilian Bschorer  
aus Bissingen

München 1988

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät  
der Universität München

|              |                              |
|--------------|------------------------------|
| Dekan:       | Prof. Dr. M. Rüsse           |
| Referent:    | Prof. Dr. Dr.h.c. G. Dirksen |
| Korreferent: | Prof. Dr. Dr. F. Sinowatz    |

Tag der Promotion: 29. Juli 1988

Meinen lieben Eltern



|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| A. EINLEITUNG                                                     | 1  |
| B. LITERATUR                                                      | 2  |
| 1. FUNKTIONELLE ANATOMIE DER HALSWIRBELSÄULE                      | 2  |
| 1.1.    Halswirbelsäule                                           | 2  |
| 1.1.1.    Anatomische Grundlagen der Halswirbelsäule              | 2  |
| 1.1.1.1.    Knöcherner Aufbau der Halswirbelsäule                 | 2  |
| 1.1.1.2.    Bänder der Halswirbelsäule                            | 4  |
| 1.1.1.3.    Fugenschluß an der Halswirbelsäule                    | 4  |
| 1.1.1.4.    Gelenke der Halswirbelsäule                           | 5  |
| 1.1.2.    Funktionelle Betrachtungen                              | 6  |
| 1.2.    Rückenmark                                                | 6  |
| 1.2.1.    Anatomische Grundlagen des Rückenmarks                  | 6  |
| 1.2.1.1.    Hüllen des Rückenmarks                                | 6  |
| 1.2.1.2.    Makroskopische Anatomie des Rückenmarks               | 7  |
| 1.2.1.3.    Innerer Aufbau und Funktion des Rückenmarks           | 9  |
| 1.2.1.3.1.    Feinbau der Weißen Substanz                         | 9  |
| 1.2.1.3.2.    Feinbau der Grauen Substanz                         | 10 |
| 1.2.2.    Leitungslehre                                           | 11 |
| 1.2.2.1.    Funktion des Rückenmarks                              | 12 |
| 1.2.2.1.1.    Reflexorgan                                         | 12 |
| 1.2.2.1.2.    Leitungsorgan                                       | 13 |
| 2. DIE SPINALE ATAXIE                                             | 15 |
| 2.1.    Definition der spinalen Ataxie                            | 15 |
| 2.2.    Klinische Symptome der spinalen Ataxie                    | 15 |
| 2.3.    Diagnostik der spinalen Ataxie                            | 17 |
| 2.4.    Differentialdiagnose und Prognose der spinalen Ataxie     | 17 |
| 2.5.    Veränderungen der Halswirbelsäule bei der spinalen Ataxie | 19 |
| 2.6.    Veränderungen des Rückenmarks bei der spinalen Ataxie     | 23 |

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 3. RÖNTGENOLOGISCHE BEFUNDE DER HALSWIRBELSÄULE                       | 24 |
| 3.1. Indikation und allgemeine Beurteilung                            | 24 |
| 3.2. Angeborene röntgenologisch nachweisbare<br>Veränderungen         | 25 |
| 3.3. Erworbene röntgenologisch erkennbare<br>Veränderungen            | 25 |
| 4. DIE SZINTIGRAPHIE                                                  | 28 |
| 4.1. Definition                                                       | 28 |
| 4.2. Einführung                                                       | 28 |
| 4.3. Das Szintigraphiegerät                                           | 29 |
| 4.3.1. Der Kollimator                                                 | 31 |
| 4.3.2. Der Szintillator                                               | 32 |
| 4.3.3. Der Photovervielfacher                                         | 33 |
| 4.3.4. Dokumentation und Auswertung                                   | 34 |
| 4.3.5. Qualitätsmerkmale und Kenngrößen<br>szintigraphischer Geräte   | 36 |
| 4.4. Radiopharmaka                                                    | 37 |
| 4.5. Allgemeine Indikation und diagnostische<br>Möglichkeiten         | 40 |
| 4.6. Wirbelsäulenszintigraphie in der Humanmedizin                    | 41 |
| 4.7. Die Drei - Phasen - Skelettszintigraphie                         | 42 |
| 4.8. Die Szintigraphie am Pferd                                       | 43 |
| C. EIGENE UNTERSUCHUNGEN                                              | 45 |
| 1. MATERIAL, METHODIK UND ERGEBNISSE                                  | 45 |
| 1.1. Patientenmaterial                                                | 45 |
| 1.2. Diagnostik und Ergebnisse                                        | 46 |
| 1.2.1. Die klinische Untersuchung                                     | 46 |
| 1.2.2. Ergebnisse der klinischen Untersuchung                         | 47 |
| 1.2.3. Die röntgenologische Untersuchung                              | 49 |
| 1.2.4. Ergebnisse der röntgenologischen Untersuchung                  | 49 |
| 1.2.5. Die szintigraphische Untersuchung                              | 61 |
| 1.2.6. Ergebnisse der szintigraphischen Untersuchung                  | 71 |
| 1.2.6.1. Ergebnisse der qualitativen Auswertung                       | 71 |
| 1.2.6.2. Ergebnisse der quantitativen Auswertung                      | 72 |
| 1.3. Vergleich der Ergebnisse                                         | 75 |
| 1.3.1. Vergleich der klinischen und röntgenologischen<br>Untersuchung | 75 |

|        |                                                                                              |     |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1.3.2. | Vergleich der röntgenologischen Ergebnisse mit den szintigraphisch qualitativen Ergebnissen  | 77  |
| 1.3.3. | Vergleich der röntgenologischen Ergebnisse mit den szintigraphisch quantitativen Ergebnissen | 77  |
| 1.3.4. | Vergleich der klinischen Ergebnisse mit den szintigraphischen Ergebnisse                     | 78  |
| 1.3.5. | Vergleich der klinischen, röntgenologischen und szintigraphischen Ergebnisse                 | 82  |
| D.     | DISKUSSION                                                                                   | 141 |
| E.     | ZUSAMMENFASSUNG                                                                              | 153 |
|        | SUMMARY                                                                                      | 155 |
| F.     | LITERATURVERZEICHNIS                                                                         | 157 |



## A. EINLEITUNG

Die Knochenszintigraphie ist eine in der Humanmedizin bereits seit langem übliche Untersuchungsmethode um Erkrankungen des Skelettsystems diagnostizieren zu können. In der Tiermedizin wird die Szintigraphie erst seit kurzem angewandt. Sie stellt das erste nuklearmedizinische Untersuchungsverfahren dar, welches dem Tierarzt die Diagnosefindung erleichtert. An der Chirurgischen Universitäts-Tierklinik München ist sie zu einer häufig frequentierten Untersuchungsmethode geworden. Sie hat sich vor allem in der Lahmheitsdiagnostik beim Pferd neben den klinischen und röntgenologischen Untersuchungsverfahren innerhalb sehr kurzer Zeit etabliert. Ihr Einsatz ist dann gefordert, wenn die klinische und röntgenologische Untersuchung zu keinem befriedigenden Ergebnis führt.

Bisher liegen noch keine speziellen Veröffentlichungen über Erfahrungen in der Szintigraphie der Halswirbelsäule des Pferdes vor. Das Ziel der vorliegenden Arbeit soll es sein, auf die spezielle Problematik, die bei der Anfertigung und Beurteilung von Szintigrammen der Halswirbelsäule auftritt, einzugehen und die Ergebnisse mit klinischen und röntgenologischen Befunden zu vergleichen.



## B. LITERATUR

### 1. FUNKTIONELLE ANATOMIE DER HALSWIRBELSÄULE

#### 1.1. Halswirbelsäule

##### 1.1.1. Anatomische Grundlagen der Halswirbelsäule

##### 1.1.1.1. Knöcherner Aufbau der Halswirbelsäule

Die Halswirbelsäule des Pferdes besteht aus sieben Wirbeln. Sie beginnt mit einer dorsal konvexen Kopfhalskrümmung und endet mit einer dorsal konkaven Halsbrustkrümmung. Der Wirbelkörper besitzt eine craniale und caudale Endfläche. An der Dorsalfläche verläuft eine Bandleiste, neben dieser je eine flache Längsrinne für Blutgefäße. Ventral am dritten bis fünften Wirbel befindet sich die markante Crista ventralis mit ihrem Tuberculum ventrale. Am sechsten Halswirbel ist an dieser Stelle die Lamina ventralis ausgebildet. Über den Körper spannt sich der Wirbelbogen, der das Wirbelloch begrenzt. Der Wirbelkanal ergibt sich durch Aneinanderreihung der Wirbellöcher. Im Bereich des ersten und zweiten Halswirbels, sowie am Übergang HWS/BWS ist der Durchmesser des Wirbelkanals am größten. Durch die Incisura vertebralis cranialis und caudalis am Wirbelbogen wird das Foramen intervertebrale gebildet. Das Spatium interarcuale (Zwischenbogenspalt) liegt dorsal zwischen den knöchernen Wirbelbögen. Der dorsale Spalt zwischen Hinterhauptbein und Atlas wird Spatium atlantooccipitale, der zwischen Atlas und Axis Spatium atlantoaxiale genannt. Mit Ausnahme des siebten Halswirbels befinden sich nur angedeutete Processus spinosi dorsal auf den Wirbelbögen. Die Querfortsätze beginnen lateral an deren Basis und besitzen bis auf Halswirbel sieben ein Foramen transversarium. Seitlich der Dornfortsätze liegen paarig craniale und caudale Gelenkfortsätze. Die Processus articulares der cranialen Wirbel sind dorsomedial, die der caudalen ventrolateral gerichtet (Ellenberger u. Baum 1947). Der erste Halswirbel (Atlas, Kopfträger) besteht lediglich aus einem dorsalen und ventralen Bogen, einem Dornfortsatz und den Atlasflügeln, durch die das Flügelloch führt. Am hinteren Rand des Flügels findet man das Foramen transversarium, medial des Flügellockes das Foramen vertebrale laterale und am ventralen Bogen das Tuberculum ventrale. Die Gelenkfläche ist am Bogen angefügt, cranial liegt die Fovea articularis cranialis und caudal die Fovea

articularis caudalis, die mit der Fovea dentis zusammenfließt.

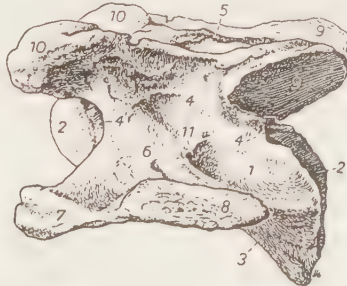
Abbildung 1:



1 Corpus, seine Crista ventr.; 2 Dens; 3 Extremitas caud.; 4 Proc. spinosus; 5 Proc. articularis caud.; 6 Proc. articularis cran.; 7 For. vertebrale lat. (bei Flfr. Inc. vertebrales cran.); 8 Inc. vertebrales caud.; 9 For. transversarium

Der zweite Halswirbel (Axis, Epistropheus, Umdreher) hat einen langen Körper mit deutlicher Crista ventralis, sowie kopfwärts den Dens, an dessen Dorsalfläche sich Bandgruben befinden. Der Dornfortsatz ist kammförmig und caudal zweigeteilt. Durch die Wurzel des kleinen Seitenfortsatzes zieht das Foramen transversarium. Die craniale Gelenkfläche geht ventral in die des Dens über, die caudale ist unten an den Processus spinosus angefügt. Craniolateral über dem Körper befindet sich das von einem schmalen Steg begrenzte Foramen ventrale laterale.

Abbildung 2:



1 Corpus vertebrae; 2 Extremitas cran.; 2' Extremitas caud.; 3 Crista ventr.; 4 Arcus vertebrae; 4' 4'' seine Inc. vertebrales cran. bzw. caud.; 5 Proc. spinosus; 6 Proc. transversus; 7 sein Tuberculum ventr.; 8 sein Tuberculum dors.; 9 Proc. articularis caud.; 10, 10 Proc. articularis cran.; 11 For. transversarium

Die Querfortsätze der Halswirbel drei bis sechs bestehen aus einem dorsalen und einem ventralen Teil, wobei der ventrale Anteil einen nach cranial ausgezogenen, der dorsale einen nach caudal ausgezogenen Ast bildet.

Der siebte Halswirbel hat caudo-dorsal beidseits eine Fovea costalis caudalis, die Querfortsätze bilden nur einen dorsalen Anteil aus.

#### 1.1.1.2. Bänder der Halswirbelsäule

An der Halswirbelsäule wird zwischen kurzen und langen Bändern unterschieden.

Die kurzen Bänder bestehen aus den Ligamenta flava (Zwischenbogenbänder) und den Ligamenta interspinalia (Zwischendornbänder). Die Ligamenta flava überbrücken die Spatia interarcualia. Die Ligamenta interspinalia verlaufen zwischen den Processus spinosi. Die langen Bänder bestehen aus dem Ligamentum longitudinale dorsale und dem Ligamentum nuchae. Auf der dorsalen Fläche der Wirbelkörper und der Zwischenwirbelscheiben liegt das Ligamentum longitudinale dorsale. Es reicht vom Zahn des Axis bis zum Kreuzbein. Das zweiteilige Ligamentum nuchae besteht aus dem Funiculus und der Lamina nuchae. An der Protuberantia occipitalis externa entspringt der Funiculus paarig. Mit dem ersten und zweiten Halswirbel hat er keine Verbindung. Über dem dritten Halswirbel nimmt er die Nackenplatte auf, verbreitert sich über dem vierten Halswirbel und setzt am dritten oder vierten Brustwirbel an. Die Nackenplatte beginnt am Kamm des Axis und der folgenden drei Wirbel, sowie mit schwächeren Faserzügen auch am sechsten und siebten Halswirbel. Sie vereinigt sich mit dem Funiculus zum Ligamentum nuchae.

#### 1.1.1.3. Fugenschluß an der Halswirbelsäule

Zum Zeitpunkt der Geburt besteht der Atlas aus drei, der Axis aus sechs oder sieben, alle übrigen Halswirbel aus fünf Ossifikationskernen (Getty 1975).

Bei den Wirbeln drei bis vier gibt es craniale und caudale Epiphysen an beiden Enden. Der Epiphysenschluß variiert individuell und beginnt an der cranialen Epiphyse ventral, an der caudalen dorsal. Röntgenologisch ist die Vereinigung cranial mit circa zwei, caudal mit circa vier bis fünf Jahren abgeschlossen (Hertsch u. Ragab 1977; Whitwell u. Dyson 1987).

Hertsch und Ragab (1976) weisen außerdem nach, daß das Wachstum im Bereich der Densfuge und der cranialen Fugen des zweiten bis

siebten Halswirbels bis zum neunten Lebensmonat am schnellsten abläuft.

Nach anatomischen Untersuchungen von Lesbre (1887) erfolgt der Epiphysefugenschluß im vierten bis fünften Lebensjahr, nach Ussow (1902) und Zietschmann sowie Krölling (1955) im sechsten bis siebten Lebensjahr.

#### 1.1.1.4. Gelenke der Halswirbelsäule

Die *Articulatio atlantooccipitalis* und *Articulatio atlantoaxialis* stellen die beiden Kopfgelenke dar. Die *Articulatio atlantooccipitalis* besteht aus zwei Ellipsoidgelenken, gebildet durch die *Condylus occipitales* und den *Foveae articulares craniales* des Atlas, wobei jedes eine eigene Gelenkkapsel besitzt. Das Gelenk wird durch zwei Bänder stabilisiert. Die Seitenbänder verlaufen von medial der *Processus paracondylares* an die craniale Wurzel der *Alae atlantes*. Die *Membrana atlantooccipitalis dorsalis* überbrückt das *Spatium atlantooccipitalis* und ist seitlich mit der Gelenkkapsel verschmolzen.

Die *Articulatio atlantoaxialis* ist ein Zapfengelenk. In der Medianen artikulieren der Dens und die *Fovea dentis* des Atlas miteinander. Seitlich bilden die *Facies articularis cranialis* des Axis und die *Fovea articularis caudalis atlantis* ein Gelenk. Es besteht hier eine einheitliche Gelenkfläche und -kapsel. Als Band verstärkt die *Membrana tectoria* die Gelenkkapsel dorsal zwischen den Wirbelbögen. Zwischen dem *Tuberculum ventrale* des Atlas und der *Crista ventralis* des Axis spannt sich zweiseitig das *Ligamentum atlantoaxiale*. Das *Ligamentum longitudinale* liegt im Wirbelkanal und verspannt sich fächerförmig von der dorsalen Fläche des Dens auf die *Pars basilaris* des Occiput. Vom Dens an die Innenfläche des *Arcus ventralis* verläuft das *Ligamentum alaria*.

Das *Ligamentum transversarium atlantis* überspannt quer den Dens und ist jederseits am Atlas befestigt.

Bei den anderen fünf Gelenken der Halswirbelsäule sind *Disci intervertebrales* zwischen die einzelnen Wirbel gelagert. Die Zwischenwirbelscheiben setzen sich aus dem *Nucleus pulposus* und dem umgebenden *Anulus fibrosus* zusammen. Nach Rooney (1974) ist kein weicher Kern eingelagert, sondern es liegt fast ausschließlich faseriges Gewebe vor. Dieses wird bei der Untersuchung von

103 Halswirbelsäulen durch Bollwein (1986) bestätigt. Die Gelenkfortsätze bilden sogenannte Schiebegelenke (Junkturae zygapophysiale), welche die Bewegungen parallel zur Gelenkfläche ermöglichen. Da sich die Stellung der einzelnen Gelenkflächen von cranial nach caudal verändert, kann die Halswirbelsäule auch Seitenbewegungen ausführen (Ellenberger u. Baum 1947). Daher sind die Gelenkkapseln großzügig angelegt. In der Articulatio atlantooccipitalis sind fast nur Streck- und Beugebewegung möglich.

Die Articulatio atlantoaxialis gestattet ausschließlich Drehbewegungen.

### 1.1.2. Funktionelle Betrachtungen

Nach Nickel, Schummer, Seiferle (1977) stellen Kopf und Hals die vordere Konsole des Modells der Bogensehnenbrücke dar. Die hintere Konsole besteht aus Kreuzbein und Schwanz.

Somit ist die vordere Konsole stärker ausgebildet als die hintere. Dieses ist notwendig, da die Schubkräfte am vorderen Ende größer sind und je nach Schnelligkeit der Bewegungen variieren. Durch die Beweglichkeit von Kopf und Hals (Heben und Senken) kann der Schwerpunkt des Körpers verlagert werden. So wird z.B. beim Auskeilen mit beiden Hintergliedmaßen der Kopf nach vorne und abwärts gestreckt, der Schwerpunkt nach cranial verlagert und damit die Hinterhand entlastet. Nach Rooney (1974) wird während der Schwebephase im Galopp und bei dem Aufpußen der Hintergliedmaßen Kopf und Hals aufgerichtet. Während der diagonalen Fußung werden Kopf und Hals gesenkt und damit das Lösen der Hintergliedmaßen vom Boden erleichtert. Pferde mit langen Hälsen sind somit geeigneter für schnelle Gangarten.

## 1.2. Rückenmark

### 1.2.1. Anatomische Grundlagen des Rückenmarks

#### 1.2.1.1. Hüllen des Rückenmarks (Meninges)

Die Periostauskleidung des Wirbelkanals (Endorhachis) setzt sich zwischen den Wirbelbögen fort und schließt so den Wirbelkanal nach außen ab. Man unterscheidet drei verschiedene Hüllen des Rückenmarks: die Dura mater, eine derbe Bindegewebshülle des ZNS, die Arachnoidea, eine sehr dünne, lückenlose Hülle und die Pia

mater, eine nur mikroskopisch erkennbare, unmittelbar aufliegende Hülle. Pia mater und Arachnoidea sind durch feinstes Bindegewebe miteinander verbunden, in welchem die Gefäße verlaufen. Der Raum zwischen Arachnoidea und Pia mater wird Cavum subarachnoidea genannt. Da seine Weite variiert und eine Verbindung zum Innenraum des Gehirns besteht, ist er zum Schutz vor Druck bei Bewegung mit Liquor cerebrospinalis gefüllt.

Die Arachnoidea ist mit der Dura mater verklebt. Zwischen Endorhachis und Dura mater öffnet sich das Spatium epidurale. Dieser Raum beinhaltet lockeres, fettreiches Bindegewebe und die Venae epidurales. Die Pia mater bildet als seitliches Rückenmarksband einen derb-fibrösen Strang aus, der zwischen dorsaler und ventraler Nervenwurzel liegt. Von diesem Band ziehen dreieckige, von Arachnoidea bedeckte Spitzen an die Dura mater. Dieses Ligamentum denticulatum dient als Aufhängevorrichtung für das Rückenmark. Ventral ist die Pia mater zum Ligamentum medianum ventrale verdickt. Insgesamt ist die Pia mater reichlich von Nervenbündeln und Gefäßen durchsetzt.

Die Arachnoidea entspricht in ihrer Form weitgehend dem Duraschlauch. Vor allem dorsal in der Medianen fällt eine bandartige Verstärkung zwischen Arachnoidea und Pia mater auf. Die Befestigung des Duraschlaches wird durch Durascheiden der Spinalnerven, das epidurale Fettpolster und unregelmäßig gespannte Bindegewebssäden gewährleistet. Die ventrale Seite des Duraschlaches ist durch das Ligamentum suspensorium transversum am Ligamentum dentis inter. und beidseits am Flügelgrubenloch des Atlas befestigt. Das Ligamentum suspensorium longum entspringt in der Gegend des Hinterhauptloches an der Unterseite und verbreitert sich fächerförmig aufsetzend zum inneren Zahnband. Da die Dura vorwiegend sensibel innerviert ist, reagiert sie vor allem bei Dehnung und Zerrung schmerzhaft.

#### 1.2.1.2. Makroskopische Anatomie des Rückenmarks

Die Medulla spinalis hat eine annähernd zylindrische Form und ist stellenweise im Wirbelkanal dorsoventral etwas abgeplattet. Das Rückenmark stellt ein Hohlorgan mit vorwiegend querovalen Zentralkanal dar. Am Übergang vom Hals- zum Brustmark schwillt das Halsmark zur Intumescentia cervicalis an. Die Rückenmarksnerven verlaufen bis zum Erreichen des Foramen intervertebrale ein kurzes

Stück im Wirbelkanal nach caudal.

Das Rückenmark besitzt mehrere Längsrillen: eine tiefe ventrale und eine seichte, dorsale Medianspalte, von der das Septum dorsalemedianum bis zur grauen Substanz in die Tiefe reicht. Der Sulcus lateralis dorsalis verläuft parallel zur seichten dorsalen Medianspalte. Ihm entlang gelangen die Dorsalwurzeln der Spinalnerven ins Rückenmark. Die Ventralwurzel des Spinalnerven wird durch den undeutlichen Sulcus lateralis ventralis nach außen geleitet. Zwischen dem Sulcus medianus dorsalis und lateralis liegt der Sulcus intermedius dorsalis. Zwischen dem Sulcus medianus dorsalis und lateralis dorsalis liegt der Dorsalstrang (Funiculus dorsalis) und zwischen dem Sulcus lateralis dorsalis und der Fissura mediana ventralis der Ventrolateralstrang (Funiculus ventralis).

Die Halsnerven (Nervi cervicales) entspringen paarig im Rückenmark und verlassen den Wirbelkanal durch die Zwischenwirbellöcher. Von den acht vorhandenen Halsnerven verläßt der erste den Wirbelkanal durch das Foramen vertebrale laterale des Atlas, während der letzte zwischen Halswirbel sieben und Brustwirbel eins austritt (Nickel, Schummer, Seiferle 1975).

Die Spinalnerven bestehen aus einer vorwiegend afferenten Dorsalwurzel und einer efferenten Ventralwurzel. Jede Wurzel besteht aus acht bis 16 Wurzelfäden, die den Wurzelzonen in zwei bis drei Längsreihen fächerförmig entspringen. Als intraduraler Anteil ziehen die Bündel zur Durapforte. Sie durchbohren Arachnoidea und Dura. Als extraduraler Teil der Wurzel ziehen sie zum entsprechenden Zwischenwirbelloch. Beim Austritt aus dem Wirbelkanal, oder unmittelbar danach vereinigen sich dorsale und ventrale Wurzel zum Stamm des Spinalnerven (Truncus nervi spinalis). Kurz vor dem Zusammentritt befindet sich das Spinalganglion (Ganglion spinale) in der Dorsalwurzel. Im Bereich des sechsten und siebten Halswirbels kommt außerdem eine laterale Wurzel vor, in welcher die Pars spinalis des Nervus accessorius ihren Ursprung hat. Diese Wurzelfäden vereinigen sich zu einem kopfwärts stärker werdenden Nerven, der durch das Foramen occipitale in die Schädelhöhle eintritt. Das Halsmark reicht beim Pferd bis in das caudale Drittel des ersten Brustwirbel.

### 1.2.1.3. Innerer Aufbau und Funktion des Rückenmarks

Die zentrale graue Substanz (Substantia grisea) besitzt H-förmige Gestalt, wobei in der Mitte der Zentralkanal (Canalis centralis) liegt und sich außen die weiße Substanz (Substantia alba) befindet. Das Halsmark ist oval und in der Halsschwellung dorso-ventral abgeplattet. Im Ursprungsbereich des Plexus brachialis schwillt das Rückenmark spindelförmig zur Halsschwellung an. Im Bereich der Halsschwellung nimmt die graue Substanz gegenüber der weißen Substanz deutlich zu. Dies erklärt sich durch die Zunahme der Leitungsbahnen in diesem Bereich.

Die Substantia grisea setzt sich aus dem Dorsalhorn (Cornu dorsale), dem Ventralhorn (Cornu ventrale) und seitlich dem Zwischenteil (Pars intermedia laterale) zusammen. Die Seitenteile stehen durch die Substantia intermedia centralis miteinander in Verbindung. Diese wiederum umschließt den Zentralkanal. Die Randzone der Spitze des Dorsalhorns ist von der Substantia gelatinosa unterlagert. Diese bedingt durch ihre Ausbreitung im Hals-, Lenden- und Kreuzmark die besondere Größe des Dorsalhorns. Von der Spitze bis zur Oberfläche des Rückenmarks befindet sich die Zona terminalis (Lissauer'sche Randzone). Die je nach Lage unterschiedlich großen Ventralhörner lassen die Bündel für die Radix lateralis austreten.

Die Substantia alba besteht aus markhaltigen Nervenfasern. Der Dorsalstrang wird durch das Septum intermedium, ausgehend vom Sulcus intermedius dorsalis in den medialen Fasciculus gracialis (Goll'sches Bündel) und den lateralen Fasciculus cuneatus (Burdach'sches Bündel) unterteilt. Im Bereich von Halswirbel eins und zwei wird der Fasciculus gracilis durch den großen Fasciculus cuneatus in die Tiefe verdrängt und zum Teil überlagert. Der Ventralstrang liegt zwischen Fissura mediana ventralis und dem Sulcus lateralis dorsalis.

#### 1.2.1.3.1. Feinbau der weißen Substanz

Die weiße Substanz besteht aus markhaltigen Nervenfasern, welche Faserbündel (Fasciculi, Tractus) bilden. Diese sind in bestimmten Bezirken lokalisiert. Lediglich im Dorsalstrang der Halswirbelsäule erfolgt eine morphologische Abgrenzung des medial liegenden Fasciculus gracilis gegen den lateral liegenden

Fasciculus cuneatus durch den Sulcus intermedius dorsalis. Der Ventrolateralstrang dagegen erscheint einheitlich. Die Faserbündel enthalten die auf- und absteigenden kurzen und langen Bahnen. Sie nehmen Verbindung mit verschiedenen Teilen des Gehirns auf. Die langen Bahnen lassen sich in aufsteigende und absteigende Leitungsbahnen unterteilen. Die aus den caudalen Rückenmarksegmenten aufsteigenden Bahnen werden durch die cranial hinzukommenden Fasern im Ventrolateralstrang zur Oberfläche hin, im Dorsalstrang aber gegen das Septum dorsale medianum hin verdrängt.

#### 1.2.1.3.2. Feinbau der grauen Substanz

Der Schaltapparat wird aus Wurzelzellen und Binnenzellen gebildet.

Die Neuriten der Wurzelzellen verlassen das Rückenmark über die Ventral- und Dorsalwurzel. Es lassen sich folglich motorische Ventralhornzellen und sympathische, sowie parasympathische Wurzelzellen des Seitenhorns und der Pars intermedia feststellen. Die Nervenzellfortsätze der Binnenzellen liegen in der grauen Substanz, wobei sich die Schaltzellen innerhalb eines Segments aufspalten und die Kommissurzellen zur Gegenseite kreuzen. Die Neuriten der Assoziationszellen treten dagegen in die weiße Substanz und teilen sich in einen auf- und einen absteigenden Ast. Sie enden in den Wurzelzellen. Ihre Zellkörper befinden sich hauptsächlich im Dorsalhorn und der Pars intermedia (Nickel, Schummer, Seiferle 1975).

Die Neuriten der Strangzellen verlaufen in der weißen Substanz und nehmen Verbindung mit dem Gehirn auf. Die Zellkörper dieser letzten Zellgruppe liegen vor allem in den Dorsalhörnern. Die verschiedenen Zellen sind also nicht diffus verstreut, sondern auf bestimmte, im folgenden erläuterte Gebiete verteilt.

Im Ventralhorn liegt der Nucleus cornucommissuralis ventralis ventromedial am Übergang der grauen Kommissur zur Unterhornbasis. Es handelt sich hier um Binnenzellen. Der Nucleus proprius cornus ventralis befindet sich im Zentrum des Ventralhorns, auch an dieser Stelle kann man Binnenzellen identifizieren. Am distalen Rand des Ventralhorns ist der Nucleus myelothalamicus mit seinen motorischen Wurzelzellen aufzufinden. Er teilt sich im Ventralhorn

der Intumescentia cervicalis in den Nucleus motorius medialis und lateralis.

In der Pars intermedia lassen sich die sympathischen Wurzelzellen des Nucleus intermediolateralis im Seitenhorn feststellen. Die parasympathischen Wurzelzellen des Nucleus intermedius sind als medialer Teil der Pars intermedia lokalisiert.

Der Nucleus proprius cornus dorsalis ist in den vorderen Halssegmenten und der Intumescentia cervicalis im Dorsalhorn besonders stark entwickelt. Seine Strangzellen leiten Erregung für Schmerz, Temperatur, Druck und Berührung über den Tractus spinothalamicus zum Gehirn. In der Stilling-Clarke'schen Säule (Nucleus dorsalis) vermitteln Strangzellen über die dorsale Kleinhirnseitenstrangbahn die Tiefensensibilität und Kraftinformation. Beim Pferd reicht diese vom zweiten Thorakalwirbel bis zum vierten Lendenwirbel. Der Nucleus cornucommissuralis dorsalis liegt zwischen der grauen Kommissur und dem dorsomedialen Rand der Dorsalhornbasis. Man findet hier Binnenzellen, Zellen der Substantia gelatinosa und Schaltzellen, die mit dem Sinnesapparat der Haut in Verbindung stehen.

### 1.2.2. Leitungslehre

Afferente Nervenfasern leiten die Erregung aus der Peripherie zum größten Teil über die Dorsalwurzel, aber auch einen kleinen Teil über die Ventralwurzel zum Rückenmark. Die Zellkörper dieser afferenten Nerven liegen im Spinalganglion. Die eintretende Nervenfaser teilt sich in einen langen aufsteigenden und einen kurzen absteigenden Ast. Diese Aufteilung erfolgt in der Zona terminalis, in der Substantia gelatinosa oder aber in der Wurzeleintrittszone.

Die afferenten Fasern enden auf der gleichen Seite an motorischen, sympathischen oder parasympathischen Wurzelzellen. Sie können aber auch zur Gegenseite ziehen oder sich mit Binnenzellen verbinden. Die an den Dorsalstrang abgehenden aufsteigenden Fasern bauen den Fasciculus gracilis und cuneatus, bzw. den Tractus spinobulbaris auf.

Die kurzen absteigenden bilden das Schulze'sche Koma und reichen als aufsteigende Dorsalstrangbahnen bis zur Medulla oblongata. Efferente Nervenfasern verlassen das Rückenmark über die Ventralwurzel. Es handelt sich dabei um Neuriten der motorischen

Wurzelzellen des Unterhorns oder um sympathische, bzw. parasympathische Wurzelzellen der Pars intermedialis.

#### 1.2.2.1. Funktion des Rückenmarks

##### 1.2.2.1.1. Reflexorgan

Die Funktion des Reflexorgans ist die Aufnahme von Erregung durch afferente Bahnen, sowie deren Verarbeitung und Weiterleitung durch die efferenten Bahnen an die Erfolgsorgane.

Als Leitungsorgan gibt das Rückenmark Impulse aus dem Körper und aus der Umwelt an das ZNS weiter, von diesem werden sie zu den efferenten Wurzelzellen geleitet.

Erst durch den Eigenapparat werden Reflexe möglich gemacht. Erregung wird vom afferenten Neuron direkt auf die efferenten Neurone des gleich Segments weitergegeben. Der Eigenapparat besteht aus afferenten und efferenten Wurzelsystemen und den verbindenden Schaltneuronen. Zum Eigenapparat gehören die Zona terminalis, das Längsbündel des Dorsalstranges, das Schulze'sche Koma und das mediale Längsbündel im Ventralhorn.

Als myostatische Reflexe dienen diese Eigenreflexe im wesentlichen der Koordination beim Bewegungsablauf.

In einem zusammengesetzten Reflexbogen werden Schaltneurone zwischengekoppelt. Dadurch wird die afferente Erregung auf mehrere Segmente ausgebreitet und von mehreren Wurzelzellen beantwortet. Diese Art der Erregung wird als Fremdreflex bezeichnet, da das gereizte Organ und das Erfolgsorgan nicht identisch sind. Die propriozeptiven Eigenreflexe bringen nur Einzelmuskeln zur Kontraktion und erfüllen damit unbewußt ablaufende myostatische Funktionen. Die exterozeptiven Fremdreflexe reizen aber ganze Muskelgruppen und dienen damit der Auslösung koordinierter unwillkürlicher Gemeinschaftsbewegungen (z.B. Lokomotion). Die Neuriten der Schaltzellen lagern sich der Oberfläche der grauen Substanz unmittelbar an und bilden den Fasciculus proprius venterolateralis und den Fascic. proprius dorsalis ("Grundbündel des Dorsalstranges").

Der ventral des Zentralstranges liegende Fasciculus longitudinalis medialis (mediales Längsbündel) verbindet den Eigenapparat des Rückenmarks mit dem des Hirnstammes.

### 1.2.2.1.2. Leitungsapparat

Der Leitungsapparat umfaßt alle aufsteigenden und absteigenden Bahnen. Die Fasern des Leitungsapparates legen sich außen an den phylogenetisch älteren Eigenapparat an. Die aufsteigenden Bahnen liegen im Dorsal- und Ventrolateralstrang. Im speziellen findet man den Tractus spinothalamicus im Ventrolateralstrang. Er ist für die Oberflächensensibilität verantwortlich, wie z.B. Druck, Berührung, Schmerz und Temperatur.

Der Tractus spinocerebralis ventralis und lateralis befindet sich ebenfalls im Ventrolateralstrang. Beide stellen die Verbindung zwischen dem Rückenmark und dem Kleinhirn her. Sie liegen lateral an der Oberfläche des Ventrolateralstranges und leiten aus Muskeln, Sehnen und Gelenken die Erregung aus der nicht realisierbaren Tiefensensibilität zum Kleinhirn. Dort erfolgt die Auswertung im Sinne der Muskelkoordination und Gleichgewichtsregulation. Der Tractus spinocerebellaris ventralis wird auch Gower'sches Bündel, der Tractus spinocerebellaris dorsalis Flechsig'sches Bündel genannt.

Außerdem verlaufen sowohl der Tractus spinotectalis, als auch der Tractus spinoolivaris im Ventrolateralstrang. Ersterer entspringt aus Dorsalhornzellen und zieht zum Koordinationszentrum des Mittelhirndaches. Die Fasern des Tractus spinoolivaris sind teils dem Tractus spinothalamicus angeschlossen oder verlaufen diffus. Es besteht auch eine Verbindung mit dem gleichseitigen Nucleus olivaris in der Medulla oblongata.

Die Dorsalstrangbahnen werden auch Tractus spinobulbaris genannt. Sie sind verantwortlich für die Oberflächen- und Tiefensensibilität, realisieren also Stellung und Lage oder Berührung des Körpers. Nur wenn das Gehirn laufend korrekt über die Position der einzelnen Körperteile informiert wird, können bei intakter Motorik fließend ineinander übergehende Bewegungen ausgeführt werden (Vandevelde u. Frankhauser 1987). Der Dorsalstrang vereinigt alle direkt zum Gehirn ziehenden Fasern des afferenten Wurzelsystems, die sich in einen langen aufsteigenden und einen kurzen absteigenden Ast teilen.

Die absteigenden Äste bilden im Halsmark das Schulze'sche Koma und stehen mit dem Eigenapparat in Verbindung. Die aufsteigenden Fasern liegen zwischen dem medialen Fasciculus gracilis (Goll'sches Bündel) und dem lateralen Fasciculus cuneatus

(Bundach'sches Bündel). Der Fasciculus gracilis leitet Erregung aus Nach- und Mittelhand gehirnwärts, wobei die caudalsten Segmente am weitesten medial liegen und die cranialen Segmente sich lateral anfügen.

Der Fasciculus cuneatus stellt die Bahnen für die Vorhand dar. Er erscheint erst im Brust- und Halsmark.

Der Ventrolateralstrang enthält nur deszendierende Bahnen, deren Ursprünge im ZNS liegen.

Der Tractus pyramidalis s. corticospinalis (Pyramidenbahn) verbindet das motorische Zentrum des ZNS mit den efferenten Wurzelzellen des Rückenmarks und ermöglicht so gezielte Bewegung (Nickel, Schummer, Seiferle 1975). Der Tractus pyramidalis s. corticospinalis lateralis liegt im Bereich der Halswirbelsäule zwischen dem Dorsalhorn, dem Grundbündel des Ventrolateralstranges und dem Flechsig'schen Bündel. Beim Pferd enden die Pyramidenbahnen bereits im vierten Zervicalsegment. Nach Überprüfung histologischer Serienschritte sind Dahme und Schebitz (1970) der Meinung, daß die Pyramidenbahnen bei den Ungulaten überhaupt nicht angelegt sind, statt dessen aber das Rubrospinalsystem stärker ausgebildet ist.

Der Tractus rubrospinalis (Monakow'sches Bündel) verläuft ventral des Tractus pyramidalis lateralis und ist für die Koordination der unbewußten Bewegungsautomatik zuständig.

Der Tractus reticulospinalis stellt die Verbindung zwischen Formatio reticularis, den motorischen Kernen des ZNS und den Rückenmarksnerven dar. Der Tractus reticulospinalis lateralis ist dorsal des Tractus rubrospinalis lokalisiert, der Tractus reticulospinalis ventralis lateral des Tractus tectospinalis. Der Tractus cerebellospinalis entspringt im Kleinhirn und läuft neben der Fissura mediana ventralis.

Der Tractus tectospinalis liegt ebenfalls neben der Fissura mediana ventr. und dient der optischen Kontrolle der Bewegung und des Gleichgewichts.

Der Tractus vestibulospinalis hat seinen Ursprung in den Gleichgewichtsnerven und verläuft ventral an der Oberfläche des Rückenmarks. Er ist wichtig für den Muskeltonus und die Stellreflexe.

Der Tractus olivospinalis soll beim Pferd angeblich fehlen (Nickel, Schummer, Seiferle 1975).

## 2. DIE SPINALE ATAXIE

### 2.1. Definition der spinalen Ataxie

Der Begriff "Ataxie" kommt aus dem Griechischen und bedeutet Unordnung, Verwirrung (Duden 1979).

Synonyma für den Begriff "Spinale Ataxie" sind: Incoordination of Equidae; Equine Incoordination; Ataxia of Foals; Equine Ataxie; Equine Sensory Ataxia; Wobbles; Wobbler Disease of Young Horses (Dahme u. Schebitz 1970; Hebeler 1977).

Die Erkrankung ist gekennzeichnet durch eine Störung des geordneten Ablaufs und der Koordination der Muskelbewegung aufgrund einer Schädigung des Rückenmarks durch einen raumbeengenden Prozeß oder durch eine Infektion mit einem neurotrophen Virus.

### 2.2. Klinische Symptome der spinalen Ataxie

Grundsätzlich kann zwischen einer angeborenen und einer erworbenen Form unterschieden werden. Nach Böhm (1975), Dietz und Wiesner (1982) ist die angeborene Form selten und wird durch Mißbildung der Wirbelsäule hervorgerufen.

Da die klinischen Symptome stark variieren, werden sie bei Dahme und Schebitz (1970) in drei Grade unterteilt:

Grad I: Die Bewegungsstörungen sind nur bei bzw. kurz nach Wendungen und einem Schrittwechsel feststellbar (Hintergliedmaßen: kurzes Nachschleifen der Hufe beim Abwinkeln, tappende Fußung, mähende Gliedmaßenführung in übertriebener Ab- oder Adduktion, auffallendes Abbeugen der Gelenke beim Abwinkeln.

Vordergliedmaßen: kurzes Nachschleifen der Hufe beim Abwinkeln, tappende Fußung, Stolpern, übertriebenes Vorschwingen, im Trab paradeschittähnliche Gliedmaßenführung). Leicht wiegend-schwankender Gang in der Hinterhand; Rückwärtstreten ist möglich.

Grad II: Die Störungen im Bewegungsablauf sind häufiger, ausgeprägter und bisweilen auch beim Geradeausführen feststellbar. Die Bewegung in der Hinterhand ist schwankend, verbunden mit gelegentlichen unregelmäßigen Schrittfolgen. Rückwärtstreten kann noch erzwungen werden. Dabei werden die Hufe nicht vom Boden gehoben, sondern schleifend rückwärts geführt. Trab ist noch möglich.

Grad III: Die Inkoordination der Bewegung ist häufig und ausgeprägt. Die Bewegung in der Hinterhand ist schwankend-torkelnd, begleitet von unregelmäßiger Schrittfolge. Starkes Sträuben gegen Rückwärtstreten: Sofern einige Rückwärtsschritte erzwungen werden können, werden Sprung- und Kniegelenk auffallend stark gebeugt. Dabei ist ein Zusammenbrechen in der Hinterhand möglich. Trab ist nicht oder nur für kurze Strecken möglich.

Tabelle 1: Einteilung der spinalen Ataxie nach Stärke der vorhandenen Symptome (Böhm und Hebeler 1980)

| Symptome = Bewegungsstörungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Grad I - geringgradig                                                         | Grad II - mittelgradig                                                                                                              | Grad III - hochgradig                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <u>Hintergliedmaßen:</u><br>kurzes Nachschleifen der Hufe<br>tappende Fußung<br>mahende Gliedmaßenführung<br>übertriebene Ab- oder Adduktion<br>auffallendes Anwinkeln der Gelenke<br><br><u>Vordergliedmaßen:</u><br>kurzes Nachschleifen der Hufe<br>tappende Fußung<br>Stoßern<br>übertriebenes Vorschwingen<br>paradeschrittähnliche Gliedmaßenführung im Trab | <br><br>Symptome bei kurzen<br>Wendungen u. bei<br>Schrittwechsel<br>deutlich | <br>Symptome ausgeprägter,<br>häufiger,<br>Symptome beim<br>Geradausführen<br>deutlicher,<br>unregelmäßige<br>Schrittfolge deutlich | <br>Symptome im Schritt<br>stark ausgeprägt,<br>unregelmäßige<br>Schrittfolge<br>stark ausgeprägt |
| Rückwärtsrichten:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | möglich                                                                       | kaum noch möglich                                                                                                                   | nicht möglich                                                                                     |
| Gang:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | leicht wiegend -<br>schwankend                                                | schwankend                                                                                                                          | schwankend-torkelnd                                                                               |
| Trab:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | möglich                                                                       | noch möglich                                                                                                                        | nicht oder nur kurz<br>möglich                                                                    |

Die Krankheitssymptome sind nach Angaben von Dahme und Schebitz (1970) in gewohnter Umgebung weniger ausgeprägt, werden in fremder Umgebung und nach Belastung des Patienten (Transport, Auslauf) umso deutlicher.

Dieselben Autoren schreiben, daß der Pupillar-, Lid-, Anal-, Ohr-, Kron- und Hautreflex am Widerrist selten verändert ist. Nach Winzer (1982) können Reflexe jedoch manchmal verzögert sein. Adams (1974) ist der Meinung, daß der Schwanzreflex überprüft werden sollte, da bei an spinaler Ataxie erkranktem Pferd meist eine Schwäche des Musculus coccygius ventralis vorliegt.

### 2.3. Diagnostik der spinalen Ataxie

Die Diagnose wird an Hand der klinischen Symptome gestellt, wobei der Vorbericht in Bezug auf ein traumatisches Geschehen hilfreich sein kann.

Dahme und Schebitz (1970), Böhm (1975), Hebeler (1977), Böhm u. Hebeler (1980), Winzer (1982), Vandevelde, Frankhauser (1987) geben an, daß zur Klärung ob und wo ein raumeinengender Prozeß vorhanden ist, sich eine röntgenologische Untersuchung anschließen sollte.

Dahme und Schebitz (1970) und Böhm (1975) stellen bei Laboruntersuchungen lediglich eine geringe Leukozytose fest. Sie führen dies auf vegetative Impulse zurück, die durch Kompression des Rückenmarks z.B. bei maximalem Abbeugen der Halswirbelsäule während der röntgenologischen Untersuchung ausgelöst werden. Für Winzer (1982), Böhm (1975) und Milne (1975) erscheinen die labor-diagnostischen Untersuchungen zur Diagnosestellung nicht hilfreich.

### 2.4. Differentialdiagnose und Prognose der spinalen Ataxie

Nach Böhm (1975) und Dahme und Weiss (1983) ist die angeborene Form der cerebellaren Ataxie, die sich nach einigen Lebenstagen oder -wochen klinisch äußert, differentialdiagnostisch abzuklären.

Dahme und Weiss (1983) beschreiben als Kleinhirnmißbildung ein Erbleiden, vorkommend beim Araber und Gotlandpony (Björck et al. 1973). Anatomisch unterscheiden sie zwischen einer cerebellaren Aplasie und der cerebellaren Hypoplasie. Je nach Defektmuster treten dabei Muskelzittern, Ataxie oder sogar Paresen auf. Wie aus der nachfolgenden Tabelle 2 von Böhm (1975) ersichtlich wird, ist es dem an cerebellarer Ataxie im Gegensatz zum an spinaler Ataxie erkrankten Pferd nicht möglich sich an seine Umwelt anzupassen, eine optische Kontrolle des Bewegungsablaufes ist nicht möglich. Außerdem sind röntgenologisch keine Veränderungen nachweisbar.

Tabelle 2: Wesentliche Merkmale der cerebellaren und spinalen Ataxie (Böhm 1975)

|                                                 | cerebelläre Ataxie                          | spinale Ataxie                               |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 1. Alter                                        | angeboren (nach Tagen oder Wochen manifest) | angeboren, nach Monaten oder Jahren erworben |
| 2. Gangataxie                                   | vorhanden                                   | vorhanden                                    |
| 3. Rumpfataxie                                  | vorhanden                                   | nicht vorhanden                              |
| 4. Standataxie                                  | vorhanden                                   | nicht vorhanden                              |
| 5. Sensibilität                                 | physiologisch                               | zum Teil verändert                           |
| 6. Inkoordination                               | stark ausgeprägt                            | gering - hochgradig                          |
| 7. anfallartiges Auftreten                      | möglich                                     | nicht möglich                                |
| 8. Zwangsercheinungen                           | vorhanden                                   | nicht vorhanden                              |
| 9. Adaptation an Umgebung und Bodenverhältnisse | nicht möglich                               | möglich                                      |
| 10. optische Kontrolle                          | negativ                                     | positiv                                      |
| 11. Einhaltung der Richtung                     | gestört                                     | nicht gestört                                |
| 12. Kompensation durch Unterstützung            | unwirksam                                   | wirksam                                      |
| 13. Röntgen                                     | nicht nachweisbar                           | nachweisbar                                  |
| 14. Labor                                       | physiologisch                               | physiologisch (gelegentl. Leukozytose)       |

Nach Kraft (1987) ist bei der Kleinhirntaxie die Großhirnleistung voll erhalten. Die Temperatur ist unverändert, die Pferde nehmen Futter und Wasser auf, haben aber in schweren Fällen die Schwierigkeit das Futter gezielt zu erfassen. Bewegungen in Ruhe sind schwingend und pendelnd, sowohl seitlich als auch vertikal, so daß wippende Auf- und Abwärtsbewegungen von Kopf und Rumpf entstehen. Der Autor gibt an, daß Ataxien, die ihren Ursprung im Großhirn haben, mit Beeinträchtigung des Bewußtseins einhergehen. Die Pferde machen einen müden, stumpfen Eindruck, der Gang wird schleppend und schwankend.

Eine weitere Form der Erkrankung, die sich in gleichen Symptomen äußern kann, ist die Infektion mit dem EHV-1 (Rhinoepneumonitis). Die Symptome der Infektion können beim älteren Pferd von einer geringgradigen Ataxie bis zur Paralyse reichen (Rolle u. Mayr 1978).

Die Larve II des Spulwurms kann, wenn sie in den großen Blutkreislauf kommt, in die verschiedensten Organe gelangen. Nach Winzer (1982), Böhm (1975) und Adams (1974) können die in das Gehirn und/oder Rückenmark verirrten Larven zentralnervöse Symptome verursachen.

G. Vanden Bossche (1987) berichtet von einem Pferd mit chronischer Otitis media-interna bei den neben anderen klinischen Symptomen wie z.B.: Fazialislähmung und Horner-Syndrom auch

Gleichgewichtstörungen mit Inkoordination der Vordergliedmaßen gesehen werden. Das Verbinden der Augen führte zu einer Verstärkung der ataktischen Symptome, so daß diese sogar an den Hintergliedmaßen beobachtet werden können.

Tipold et al. (1987) beschreiben den Fall eines sechs Wochen alten, im Allgemeinbefinden ungestörten Fohlens, welches seit Geburt nicht stehen konnte. Das Fohlen bewegte alle vier Extremitäten aktiv, aber nur unkoordiniert. Bei der orthopädischen Untersuchung wurde eine Kontraktur der Kapalgelenke festgestellt. Am ganzen Körper war die Hautsensibilität gesteigert. Sowohl röntgenologisch als auch pathologisch-anatomisch wurde eine Einengung des Wirbelkanals im Bereich C 2/C 3 mit Hypoplasie der Processi articulares festgestellt. Die Ursache für diese Mißbildung ist noch unbekannt.

Die angegebenen Autoren stimmen darin überein, daß die Prognose für die an spinaler Ataxie erkrankten Pferde ungünstig ist.

## 2.5. Veränderungen der Halswirbelsäule bei der spinalen Ataxie

Die Ursachen der Rückenmarksschädigungen, die eine spinale Ataxie zur Folge haben, können recht unterschiedlich sein. Dahme und Schebitz (1970) berichten von asymmetrischen Gelenkfortsätzen mit arthrotischer Umgestaltung und osteophytärer Wirbelkanaleinengung, sowie von Corpora libera und Wirbelfrakturen. Durch diese Veränderungen kommt es zur direkten Schädigung des Rückenmarks oder zur Störung der Blutzirkulation (venöser Stau) in den Rückenmarks- oder Meninxsgefäßen. Bei vier von sieben erkrankten und seziierten Pferden werden makroskopisch Nekrosen an den Epiphysenfugen mit perifokaler Osteosklerose und Protrusionen mit Verlagerung von Knorpelteilchen aus dem ursprünglichen Knorpelgefüge in die benachbarte Spongiosa beobachtet. Als Ursache dafür sehen die Autoren eine Stauchung des Wirbelkörpers in der Längsachse an. Bei zwei Patienten finden sie Knorpelschäden im dorsalen Drittel der Epiphysenfuge, die auf übermäßige, traumatisch bedingte Beanspruchung der Halswirbelsäule, wie z.B. beim Überschlagen, zurück zu führen sind. Das Abrollen über die Halswirbelsäule bei einem Sturz nach vorwärts oder rückwärts, kann auch oder zusätzlich mit einer Überdehnung des dorsalen Bandapparates (Ligamenta interarcualia) einhergehen. Der caudal korrespondierende Wirbelkopf kann so über den dorsalen

Wirbelpfannenrand in den Wirbelkanal subluxieren und das Rückenmark in diesem Bereich komprimieren. Die Veränderungen am Knochen-Knorpelgewebe, am Bandapparat oder an den seitlichen Wirbelgelenken entstehen durch schwere einmalige oder leichtere rezidivierende Traumen. Die Gelenke des Halswirbels 4/5 und 5/6 sind am gefährdetsten, da sie am stärksten beweglich sind. Veränderungen an den Wirbelgelenken können sich auch durch mechanisch-traumatische Zerrung oder Stauchung mit oder ohne Gelenkkapselüberdehnung entwickeln. Sie sind damit nicht als Folge von Schädigungen des Fugen und/oder dorsalen Bandapparates aufzufassen. Kommt es zu einer länger andauernden, abnormen Beweglichkeit der Wirbel, können chronische, arthrotisch deformierende Prozesse mit chronischer Synovitis und Gelenkhydrops entstehen. Durch den Prolaps der erweiterten Gelenkkapsel bei erneutem Trauma kann es zu einer Beschädigung des Rückenmarks kommen. Nach Dahme und Schebitz (1970) ist das Bestehen einer chronisch-hyperostotisch-deformierenden Arthropathie immer ein auffälliger Befund, der aber nicht die unmittelbare Kompressionsursache darstellen muß.

Böhm (1975) schreibt, daß die spinale Ataxie häufiger traumatisch als angeboren auftritt. Es wird ein unterschiedlicher Ablauf beim Fohlen und Adulten angegeben. Beim erwachsenen Pferd mit spondylarthrotischen Veränderungen führen kleine Traumen zum Hydrops und damit zum Druck auf das Rückenmark. Besonders häufig kommt es beim Fohlen nach einem Sturz mit Überschlag und Abrollen über den maximal gebeugten Hals zur Überdehnung und Lockerung des Bandapparates, möglicherweise sogar mit Stauchung im Epiphysenfugenbereich. Schebitz u. Schulz (1965) beschreiben, daß die Lokalisation der Schäden am Rückenmark den spondylarthrotischen Veränderungen entspricht. Diese Veränderungen an den Gelenkfortsätzen sind die Voraussetzung und das Trauma der Auslöser. Das Verhältnis von der Stärke der arthrotischen Veränderungen zur Größe des Traumas ist maßgebend, ob die Krankheit langsam oder schnell fortschreitet.

Die Koordinationsstörungen treten gewöhnlich beidseitig auf. Laut Kraft (1987) sind die Vor- und Nachhand betroffen, wenn der Ort der Schädigung cranial des sechsten Halsnerven liegt, nur die Nachhand bei Schädigung caudal des zweiten Thorakalnerven. Die Affektion des Dorsalstranges führt zum Ausfall einer Rückmeldung der Gliedmaßenstellung an das Gehirn und damit zum Überköten. Die

Erkrankung des Traktus vestibulospinalis und Traktus reticulospinalis führt hin bis zur Stehufähigkeit, wobei aber willkürliche Bewegungen noch möglich sind, solange der Traktus corticospinalis und Traktus rubrospinalis intakt sind.

Rooney (1963) fand bei 31 untersuchten Wobblern in allen Fällen deformierte Gelenkfortsätze, wobei in 60 % nur ein Gelenk, in 40 % zwei oder mehrere verändert sind. Das Gelenk zwischen C 3/C 4 ist in 60 %, zwischen C 2/C 3 und C 4/C 5 in 14 %, zwischen C 5/C 6 und C 6/C 7 in 12 % betroffen. Er unterscheidet drei verschiedene Varianten:

1. Fehlausrichtung der Gelenkfortsätze.
2. Übermäßiges Wachstum am ventromedialen Rand des Gelenkfortsatzes mit Eindringen in den Wirbelkanal.
3. Asymmetrische Form des linken und rechten Gelenkfortsatzes mit Einengung während der Beugung.

In einigen Fällen liegt eine Kombination der Variante zwei und drei vor. Makroskopische und histologische Untersuchungen der Zwischenwirbelscheiben, Bänder und Gelenkkapseln ergaben keine besonderen Befunde. Außerdem fand er Veränderungen am Knorpel der kleinen Gelenke in Form von Gruben und Faltenbildung. Ähnliche Veränderungen und ebenso geringgradige Gelenksasymmetrie wurden von ihm bei gesunden Pferden beschrieben. Er nennt diese Pferde "Predisposed Wobblers". Die endgültige Ätiologie für diese Veränderungen ist unklar. Als mögliche weitere Ursachen kommen Fraktur, Tumor, Abszeß, Spondylose und altersbedingte Zwischenwirbelscheibendegeneration in Frage.

Schulz, Schebitz, Pohlenz, Mechlenburg (1965) und Mechlenburg (1967) stellten bei Detailpräparationen des Halsskeletts ebenfalls arthrotische Prozesse an den Gelenkfortsätzen und Abweichungen der Wirbelachse von der normalen linearen Ausrichtung fest. Letzteres wird durch ungleiches Wachstum bedingt. Die Asymmetrie der paarigen Gelenkflächen der Gelenkfortsätze kann sich Größenmäßig wie eins zu zwei zueinander verhalten. Die Lokalisation der arthrotischen Veränderungen und die der Asymmetrien stimmt weitgehend überein.

Der Bereich des fünften Halswirbels scheint eine Prädispositionsstelle zu sein. Die arthrotischen Prozesse führen mit herdförmigen Usuren bis zu Umbauvorgängen am Perichondrium der Gelenkfläche mit Spaltenbildung. Diese primär degenerativen Veränderungen bedingen sekundär entzündliche Reaktionen. Beide

Veränderungen zusammen können zur Verformung und Einengung des Wirbelkanals führen. Die spinale Ataxie ist nicht selten Folge derartiger Spondylarthrosen. Mit Verschlimmerung der Arthrose entstehen beim jungen Pferd Schmerzen, welche es zu einer entlastenden Stellung der Wirbel zueinander veranlaßt. Dies bedingt weiter eine asymmetrische Entwicklung und ungleichmäßige Abnutzung. Ähnliche Veränderungen finden die Autoren auch bei klinisch gesunden Tieren. Sie sehen darin keinen Widerspruch, da der Subduralraum im caudalen Bereich der Halswirbelsäule weit angelegt ist. Selbst bei deutlicher Asymmetrie und einem Ausfall von 19,5 % der Nervenfasern müssen die klinischen Symptome der spinalen Ataxie nicht sehr ausgeprägt sein.

Nach Dietz und Wiesner (1982) führt ebenfalls die Fehlentwicklung der Wirbelgelenke, meist der Halswirbel drei, vier, fünf und sechs durch Lockerung zur Subluxation und damit zur Kompression des Rückenmarks. Durch osteoarthrotische Veränderungen wird das Leiden verstärkt. Beim Trauma kann es zur Wirbelverschiebung und bei Fissuren zur übermäßigen Kallusbildung kommen.

Vandeveld und Frankhauser (1987) sehen das equine Wobbler-Syndrom als die häufigste neurologische Erkrankung des Jungpferdes an. Aufgrund einer Mißbildung der Halswirbelsäule mit instabiler Verbindung der Intervertebralgelenke (dynamische Stenose vor allem zwischen C 3/C 4 und C 4/C 5) oder einem zu engen Spinalkanal in einzelnen Wirbeln (statische Stenose) entstehen die Symptome. Bei älteren Pferden geben die Autoren unter dem Namen "Zervikale degenerative Osteoarthropathie" degenerative Veränderungen der Intervertebralgelenke mit Exostosenbildung an, welche den Spinalkanal einengen. Ein pathogenetischer Zusammenhang mit dem Wobbler ist für sie unsicher. Beim Araberfohlen beschreiben sie eine hereditäre kongenitale atlantooccipitale Mißbildung. Dabei ist der Atlas hypoplastisch und mit dem Occiput verschmolzen. Dies ermöglicht eine ventrale Subluxation des Dens mit Einengung des Wirbelkanals.

Bollwein (1986) fand bei gesunden Pferden an den Zwischenwirbelscheiben ein Hervortreten von Faserzügen, eine Zusammenhangstrennung und eine Gelbfärbung an den Gelenkflächen. Knorpelatrophie, flächenhafter, sowie keilförmiger Schwund des Gelenkknorpels, narbige Einziehungen und aufgerauhte Knorpelflächen werden beschrieben. An den Gelenkfortsätzen bestehen Pommer'sche Randwülste und im Bereich des

Gelenkkapselansatzes Osteophyten. Die Pommer'schen Randwülste bestehen besonders im Bereich der caudalen Halswirbelsäule. In einigen Fällen ist die Gelenkkapsel verdickt und von derb-elastischer Konsistenz. Eine vermehrte Füllung wird nicht beobachtet. Bei keinem der untersuchten Pferde bestanden Veränderungen des Rückenmarks, die zur spinalen Ataxie führen konnten.

Mechlenburg (1967) fand bei der pathologisch-anatomischen Untersuchung neben den schon bei Schulz und Schebitz (1965) angeführten Veränderungen chronisch-entzündliche Reaktionen an den Gelenkkapseln bei allen untersuchten Tieren. Klinisch waren auch diese Pferde gesund.

Frank (1967) stellte bei der Präparation von 20 Feten und 14 Fohlen fest, daß bei vielen Pferden bereits in der fetalen Entwicklung Wirbelasymmetrien und Knochendeformationen auftreten können.

Nixon (1984) beschreibt einen, Foss (1983) zwei Fälle von Zwischenwirbelvorfall beim Pferd. Die Tiere zeigen an allen vier Gliedmaßen ataktischen Gang, außerdem propiozeptive Ausfälle und Spasmen.

Adams (1985) berichtet in drei von fünf Fällen bei an Discospondylitis (Entzündung der Wirbelkörper und verbindenden Zwischenscheiben) erkrankten Pferden ataktische Symptome. Die Ursache für die Erkrankung kann nicht erklärt werden.

## 2.6. Veränderungen des Rückenmarks bei der spinalen Ataxie

Dahme und Schebitz (1970) beobachteten am Rückenmark im Bereich der Einengung des Wirbelkanals ausgeprägte spongiöse Degeneration mit nach cranial und caudal fortschreitender funikulärer Degeneration. Diese Veränderungen werden in drei Hauptformen unterteilt:

1. Verschiedene Grade von Degeneration und Malazie der weißen und grauen Substanz am Ort der Kompression.
2. Waller'sche Degeneration efferenter Leitungsbahnen caudal des Kontusionsbereiches.
3. Waller'sche Degeneration afferenter Leitungsbahnen cranial des Kontusionsbereiches.

Die Beschädigung erreicht nie die Qualität einer Leukomalazie und ist daher auch nicht makroskopisch sichtbar. Betroffen sind von den caudalen efferenten Bahnen ein Bezirk, der die Fissura mediana

bogenförmig umfasst, sowie Bezirke, die möglicherweise den Traktus vestibulospinalis und den Traktus rubrospinalis darstellen. Die diese Bereiche betreffenden Veränderungen sind teilweise bis ins Lumbalmark zu verfolgen.

Bei den cranialen afferenten Bahnen sind der Traktus spino-cerebellaris ventralis (Gower) und der Traktus spinocerebellaris dorsalis (Flechsig), manchmal auch der Goll'sche Strang betroffen. Alle diese aufgeführten Bahnen gehören funktionell zum Koordinationssystem und sind für Bewegung und das Gleichgewicht während der Bewegung verantwortlich.

### 3. RÖNTGENOLOGISCHE BEFUNDE DER HALSWIRBELSÄULE

#### 3.1. Indikation und allgemeine Beurteilung

Whitwell und Dysón (1987) geben als Indikation für die röntgenologische Untersuchung der Halswirbelsäule folgende klinische Befunde an: Ataxie, abnormale Position des Genicks, Muskelatrophie des Halses, Umfangsvermehrung am Genick, Steifheit und/oder Schmerzen sowie die Unfähigkeit zu Stehen. Sie weisen darauf hin, daß nicht nur einzelne Wirbel, sondern vor allem auch die Halswirbelsäule als ganzes beurteilt werden sollte. Die Gestalt der Wirbelkörper, Größe und Form der Epiphysen, Größe der Foramina intervertebralia sowie die Gleichmäßigkeit der Gelenke soll beurteilt werden. Das Weichteilgewebe betreffend dürfen Verkalkungen nicht mit Veränderungen an der Wirbelsäule verwechselt werden. Die Autoren weisen darauf hin, daß der sechste Halswirbel sich deutlich vom fünften durch die Größe des Processus transversus unterscheidet. Eine häufige anatomisch normale Variante entsteht durch die Projektion eines oder beider ventralen Fortsätze an die ventrale Fläche des siebten Halswirbels. Außerdem besitzt der ventrale Fortsatz ein schmales Ossifikationszentrum an seiner caudalen Begrenzung, das nicht mit einer Fraktur verwechselt werden darf.

Hertsch und Ragab (1977) führten eine röntgenologische Untersuchung über den Epiphysenschluß bei 140 Pferden bis zum Alter von acht Jahren mit folgenden Ergebnissen durch; im Atlas ist keine, im Axis jedoch zwei craniale und eine caudale Epiphysenfuge erkennbar. Vom siebten bis neunten Lebensmonat verknöchert die Fuge des Dens, und nach dem ersten Jahr die craniale

Epiphysenfuge des Axiskörpers. Im dritten Lebensjahr sind die cranialen und Anfang des fünften die caudalen Epiphysenfugen der Halswirbel drei bis sieben röntgenologisch geschlossen.

### 3.2. Angeborene röntgenologisch nachweisbare Veränderungen

Nach Whitwell und Dyson (1987) sowie Vandefelde und Frankhauser (1987) sind angeborene Veränderungen sehr selten. Am meisten wird die occipito-atlanto-axiale Malformation gesehen. Sie kommt beim Araber, seltener bei anderen Rassen vor. Das Fehlen von Knochenkallus hilft hier eine angeborene Unterbrechung der Verbindung von einer durch Fraktur entstandenen zu unterscheiden.

### 3.3. Erworbene röntgenologisch erkennbare Veränderungen

Whitwell und Dyson (1987) weisen darauf hin, daß bei der Verengung des Wirbelkanals der minimale sagittale Diameter in einem oder mehreren Wirbeln verkleinert ist. Am caudalen Halswirbel ist die Stenose gewöhnlich deutlicher als am vorderen Ende des veränderten Wirbels, so daß auf der lateralen Aufnahme das Foramen vertebrale dadurch mehr dreieckig als normalerweise viereckig erscheint. Eine Vergrößerung der caudalen Epiphyse nach dorsal verändert ebenfalls den sagittalen Diameter des Foramen vertebrale. Die Quetschung des Rückenmarks erfolgt in diesen Fällen gewöhnlich innerhalb der ersten fünf Lebensjahre.

Anatomische Studien zeigen bei 50 % aller Pferde eine Umbildung der Gelenkfläche bei Halswirbel 6/7. Dies kann mit einer Vergrößerung des Gelenkfortsatzes und einem Hervorstehen des Knorpels über den cranialen Rand des siebten Halswirbelbogens einhergehen. Röntgenologisch wird dies durch ein Verwischen der Kontur des kleinen Wirbelgelenkes erkannt. Der Processus spinosi des siebten Halswirbels wird im Laufe der Zeit flacher. Bei dessen Kontakt mit dem sechsten Halswirbel kann er in Hyperflexion frakturieren. Diese Erkrankungen müssen nicht unbedingt von klinischen Symptomen begleitet sein.

Schwerwiegendere Veränderungen entstehen nach Fissuren und Frakturen mit Gelenksbeteiligung.

Ebenfalls Whitwell und Dyson (1987) finden bei gesunden und ataktischen Pferden knöcherne Vorsprünge an der ventralen Fläche der Gelenkfortsätze. Diese Vorsprünge können sich soweit

vergrößern, daß ein Kontakt zum Körper oder Bogen des cranialen Wirbels entsteht und sich dort ein Pseudogelenk bilden kann. Klinische Anzeichen treten erst dann auf, wenn die neu entstandene Gelenkkapsel medial auf das Rückenmark drückt.

Veränderungen dieser Art treten zu 18 % an Halswirbel sieben, zu 11 % an Halswirbel drei und zu 10 % an Halswirbel sechs auf. Die Subluxation eines Wirbelgelenks tritt meist bei Halswirbel 3/4 auf und ist gewöhnlich von einer oder mehreren der oben beschriebenen Fehlentwicklungen begleitet.

Eine Fraktur ist röntgenologisch an der Frakturlinie, den Fragmenten und später an der Kallusbildung zu erkennen. Frakturen der Gelenkfläche und/oder Fortsätze bedingen Schmerz und Steifheit im Bereich des Halses. Wirbelfrakturen führen in der Regel auch zu Verletzungen des Rückenmarks.

Neoplasien sind selten und führen zu einer ungleichen Kontrastdichte des Wirbelkörpers.

Farrow (1981) berichtet von einer rechtsseitigen Subluxation der Artikulatio atlanto-occipitalis die im ventrodorsalen Strahlengang erkennbar ist, ohne daß Anzeichen einer Fraktur vorliegen. In der latero-lateralen Aufnahmetechnik sieht er dabei nur eine geringgradige Subluxation nach dorsal. Die Distanz zwischen Halswirbel eins und zwei erscheint ihm weiter.

Dahme und Schebitz (1970) empfehlen die funktionelle Röntgenuntersuchung der Halswirbelsäule zum Nachweis von abnormer Beweglichkeit zwischen zwei korrespondierenden Wirbeln. Sie berichten, daß das Herausgleiten des Wirbelkopfes über den Pfannenrand des benachbarten Wirbels auf Aufnahmen mit gestrecktem Hals meist nicht oder ungenügend nachweisbar ist. Die röntgenologische Untersuchung ist nur am narkotisierten Pferd möglich. Unter Verwendung eines großen Filmformates (30 x 40 cm) werden drei Röntgenbilder mit dem Zentralstrahl auf die Halswirbel zwei, drei und sechs angefertigt. Von jedem der Abschnitte wird eine Aufnahme bei normaler Kopf-Halshaltung und bei Ventroflexion der Halswirbelsäule (Nüstern zwischen den Karpalgelenken) angefertigt.

Böhm und Hebeler (1980) kamen bei der Untersuchung von 50 gesunden und 40 ataktischen Pferden unterschiedlichen Alters zu folgenden Ergebnissen: Die Halswirbelsäule des Fohlens bis zum Alter von wenigen Wochen ist in den Gelenken (bis auf Halswirbel 2/3) kaum beweglich. Ab einem halben Jahr ist die Beweglichkeit zwischen

Halswirbel 3/4 und Halswirbel 4/5 am stärksten.

Bei Fohlen bis zu 3 Monate erfolgt eine erhebliche Einengung des Wirbelkanals bei Ventroflexion der Halswirbelsäule in Narkose im Bereich aller Wirbel durch Herausgleiten des Wirbelkopfes über den Pfannenrand des korrespondierenden Wirbels. Am deutlichsten ist dies zwischen Halswirbel 3/4, 4/5 und 5/6 zu beobachten. An diesen Gelenken ragen die Wirbelköpfe auch bei älteren Pferden bei abgebeugter Halswirbelsäule am deutlichsten hervor.

Hebeler (1977) fertigt Röntgenaufnahmen der maximal abgebeugten Halswirbelsäule an. Die Pferde werden dazu in Narkose auf die rechte Seite abgelegt. Die Korrektur des durchhängenden Halses erfolgt mittels einer Holzplatte und diversen Schaumgummikissen. Die Lagerung erfolgt folgendermaßen: Der Hals wird so weit abgebeugt, daß es zu einer Berührung des Maules mit der Dorsalfläche der Karpalgelenke kommt. Eine gedachte Linie durch die Halswirbel eins und sechs soll auf eine parallel zu Kruppe und Widerrist verlaufende Gerade rechtwinklig auftreffen.

Die Auswertung wird folgendermaßen durchgeführt:

1. Messung der Winkel zwischen den korrespondierenden Halswirbeln zwei bis sechs.

2. Messung der prozentualen Einengung des Wirbelkanals im Gelenkbereich durch Ventroflexion. Die für Vergleiche notwendige relative Einengung wird in Prozenten nach folgender Formel ermittelt:  $E = (100 \times d) : A1$

E = prozentuale relative Einengung

d = absolute Einengung (Sie wird anhand einer Linie gemessen, die auf dem Boden des cranialen Wirbels liegt und durch den caudal korrespondierenden Wirbelkopf geht. d entspricht der Strecke zwischen dieser Linie und dem oberen Rand des Wirbelkopfes.)

A1 = cranialer Durchmesser des Foramen vertebrale

3. Bestimmung des Durchmesser des Foramen vertebrale im cranialen Drittel in der Mitte und am caudalen Pfannenrand des Wirbelgelenks.

Durch die Auswertung kann er Grundwerte für jedes Gelenk angeben. Milne (1975) untersuchte 17 Pferde mit Spondylolisthesis. Bei sechs Pferden sah er den radiologischen Beweis einer Subluxation bei Halswirbel 3/4, bei sieben fand er Subluxationen an zwei Gelenken und bei vier an drei oder mehreren Gelenken. In seiner Diskussion empfiehlt er, das Pferd in Narkose zu legen, um bessere Röntgenaufnahmen anfertigen zu können. In diesen Fällen ist eine

Ventroflexion des Halses möglich, und erst dadurch sind Läsionen an mehr als einem Wirbel zu sehen.

#### 4. DIE SZINTIGRAPHIE

##### 4.1. Definition

Szintillation (aus dem Lateinischen scintillare = Funken sprühen, funkeln, flimmern) bedeutet das Entstehen von Lichtblitzen beim Auftreffen radioaktiver Strahlung auf fluoreszierende Stoffe. Szintigraphie ist die Untersuchung und Darstellung innerer Organe mit Hilfe von Szintigrammen.

Ein Szintigramm ist ein Lichtbild, welches durch Einwirkung der Strahlung radioaktiver Stoffe auf eine fluoreszierende Schicht entsteht (Duden 1979).

##### 4.2. Einführung

Die Aufgabe der nuklearmedizinischen Meßtechnik besteht darin, die räumliche und zeitliche Verteilung eines radioaktiven Stoffes durch externe Strahlungsmessung darzustellen (Pabst et al. 1985). Die klassische Methode bei Veränderungen des Skeletts ist die Röntgenuntersuchung. Hierbei ist die Strahlenabsorption des Calciums verantwortlich für die Darstellung der Knochenstruktur bis in ihr feinstes Detail. Morphologische Veränderungen lassen auf das Vorliegen pathologischer Prozesse schließen. Über metabolische Vorgänge gibt das Röntgenbild keinen direkten Aufschluß. Nur mit Hilfe von nuklearmedizinischen Untersuchungen ist die direkte Abklärung des Calciumstoffwechsels möglich (Bessler 1975). Die ersten Skelettszintigramme wurden 1961 von Flemming u. Mitarb. angefertigt. Als Tracersubstanz (=radioaktiver Markierungsstoff) verwendete man fast ausschließlich Strontium-85 mit der langen Halbwertszeit von 65 Tagen. Zur Routineuntersuchung entwickelte sich die Skelettszintigraphie erst, nachdem kurzlebige osteotrope Tracersubstanzen gefunden wurden (Bessler 1975). Durch deren kurze Halbwertszeit ist eine hohe Dosierung möglich, bei der die Strahlenbelastung des Patienten dennoch niedriger bleibt als bei einer entsprechenden röntgenologischen Untersuchung des Skeletts (Bessler 1975).

In der Tiermedizin wurde die Szintigraphie vor ca. 15 Jahren

erstmalig verwendet. Über erste Untersuchungen beim Pferd berichtet Ueltschi 1975.

#### 4.3. Das Szintigraphiegerät

Bereits in den Anfängen der Szintigraphie wurde die räumliche Radioaktivitätsverteilung durch Abtasten der interessierenden Körperregion mit einem Strahlungsdetektor ermittelt. Ein derartiges Verfahren gelangt heute nur noch sehr selten zur Anwendung (Devous u. Twardock 1984).

Bei den modernen Geräten unterscheidet man zwischen Szintigraphiegeräten mit stehendem und bewegtem Detektor (Barber u. Roberts 1983; Pabst et al. 1985). Bei Geräten mit bewegtem Detektor erfolgt die Darstellung der räumlichen Radioaktivitätsverteilung durch automatische Abtastung mittels eines sogenannten Scanners. Der Scanner besteht aus dem Detektorkopf, der sich aus Kollimator, Szintillationskristall, Photovervielfacher und Vorverstärker zusammensetzt. Dieser Detektorkopf tastet den Körperbereich mit vorgewählter Geschwindigkeit meander- oder kammförmig ab (Pabst et al. 1985).

Anfänglich wurden solche Geräte wegen den geringeren Kosten in der Tiermedizin bevorzugt. Außerdem haben die dargestellten Bilder die gleiche Größe wie das Objekt und damit den Vorteil der besseren Vergleichbarkeit mit einem Röntgenbild.

Ein Nachteil in der Tiermedizin ist jedoch die lange Aufnahmedauer von 20 - 40 Minuten pro Bild, welche eine Allgemeinnarkose erforderlich macht und so die klinische Handhabung z.B. beim Großtier erschwert (Barber u. Roberts 1983).

Es besteht auch die Möglichkeit, Ganzkörperaufnahmen anzufertigen. Diese Aufnahmen haben aber den Nachteil einer niedrigeren Informationsdichte. Außerdem fallen die Ergebnisse nicht optimal aus, wenn in dem erkrankten Gewebe keine maximal hohe "lesion-to-normal" Speicherung des Isotops stattgefunden hat (Schneider 1984).

Szintigraphiegeräte mit stehendem Detektor ermöglichen die Darstellung der Radioaktivitätsverteilung in nur einem Aufnahme-gang. Durch die kürzere Aufnahmezeit besteht die Möglichkeit die Radioaktivitätsverteilung im Sinne einer Funktionsserien-szintigraphie darzustellen.

Diese sogenannte Gammaszintillationskamera wird heute bevorzugt in

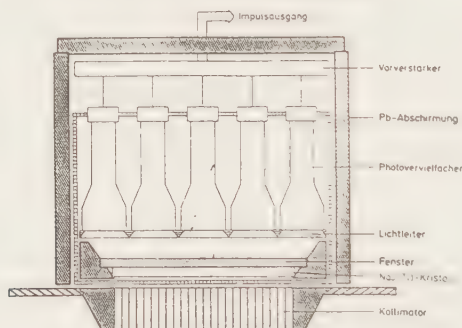
der Tiermedizin benutzt (Barber u. Roberts 1983; Devous u. Twardock 1984; Ueltschi 1975; Ueltschi 1987). Ein weiterer Vorteil dieser Kameras ist die Möglichkeit, ein Organ vollständig auf einem Bild betrachten zu können. Eine Allgemeinnarkose ist seltener erforderlich (Barber u. Roberts 1983; Hornof et al. 1982).

Für die praktische Anwendung wurden folgende Geräte entwickelt, die auch beim Tier angewandt werden können:

Die Bildverstärkerkamera, die Multikristallkamera und die Einkristallkamera, wobei letztere das in der klinischen Praxis heute am meisten verwendete Szintigraphiegerät ist.

Das Prinzip der Einkristallkamera besteht darin, die durch Strahlungseinwirkung in einem großflächigen NaJ - Einkristall erzeugten Lichtereignisse durch Photovervielfacher zu orten und nach elektronischer Verarbeitung zur Darstellung zu bringen (Barber u. Roberts 1983; Pabst et al. 1985; Ueltschi 1987).

Abbildung 3: Detektorkopf der Gammakamera



Der Detektorkopf einer Einkristallkamera enthält den Kollimator, den Szintillationskristall, einen Lichtleiter und den hexagonal angeordneten Photovervielfacher (Barber u. Roberts 1983; Pabst et al. 1985; Ueltschi 1987). Die folgende Abbildung 3 veranschaulicht schematisch den Aufbau eines Detektorkopfes. Die von unten kommenden Gammastrahlen gelangen durch den Kollimator auf das Kristall. In diesem wird die Strahlung in Licht umgewandelt. Auf der darauffolgenden Photokathode werden durch das Licht Elektronen erzeugt, deren Anzahl im Photovervielfacher erhöht wird. Der Elektronenfluß wird im Vorverstärker in elektrische Impulse umgewandelt und nun den darauffolgenden Verarbeitungssystemen (Dokumentation und Auswertung) zugeführt.

#### 4.3.1. Der Kollimator

Soll ein Detektor nur die Strahlung eines begrenzten Gebietes erfassen, so ist eine Ausblendung der unerwünschten Streustrahlung notwendig. Die Streustrahlung ist stets energieschwächer als die Primärstrahlung (Comptoneffekt). Aus diesem Grunde kann sie durch einen "Kanal" von der Abbildung oder Zählung ausgeschlossen werden (Emrich 1979).

Es werden heute folgende Kollimatoren verwendet:

Parallellochkollimator, divergierender bzw. konvergierender Kollimator und Pinhole-Kollimator (Pabst et al. 1985).

Parallellochkollimatoren sind aus Blei angefertigt und besitzen eine Vielzahl parallel angeordneter Löcher mit kreisrundem, quadratischem, dreieckigem oder hexagonalem Querschnitt (Emrich 1979; , Pabst et al. 1985). Die Dicke des Kollimatorsystems und die Stärke der Septen muß für die Unterdrückung der aus nicht erwünschter Richtung einfallenden Strahlung ausreichen (Emrich 1979). Ein Durchdringen der Septen würde zu einer Verringerung der Abbildungsschärfe führen.

Die Empfindlichkeit des Detektors wird u.a. von der Anzahl der Photonen bestimmt, die auf den Szintillationskristall treffen, also von dem vorliegenden Lochdurchmesser (Bohrungen) des Kollimators. Die innerhalb des Meßfeldes gelegene Anzahl von Löchern ist für die Ortsauflösung entscheidend. Ein weiterer Faktor für die Empfindlichkeit ist die Dicke des Kollimators, da sich dadurch der maximale Divergenzwinkel ändert (Pabst et al. 1985). Je geringer der Lochdurchmesser ist, umso effektiver ist die Ausblendung (Emrich 1979). Beim Kollimator muß also immer ein Kompromiß zwischen Empfindlichkeit und Ortsauflösung gefunden werden.

Bei der Untersuchung des Pferdes kommen der niederenergetische, hochempfindliche und der niederenergetische, hochauflösende Kollimator in Betracht. Der hochauflösende Kollimator hat mehr, aber dafür kleinere Bohrungen. Damit verlängert sich zwar die Zählzeit, aber die Qualität des Bildes ist besser. Bei den hochempfindlichen verhält es sich umgekehrt (Ueltschi 1987).

Kollimatoren mit divergierenden Eigenschaften werden bei großflächigen Organen, solche mit konvergierenden Eigenschaften bei der Untersuchung kleiner Organe eingesetzt. Zu beachten ist dabei, daß sich der Gesichtsfelddurchmesser mit dem Kollimator-

Objekt-Abstand ändert.

Pinhole-Kollimatoren werden nur bei der Untersuchung besonders kleiner Organe oder Organbereiche eingesetzt (Schilddrüsen- und Augendiagnostik) (Pabst et al. 1985).

#### 4.3.2. Der Szintillator

Das Prinzip des Szintillators besteht in der Emission von Photonen im sichtbaren und ultravioletten Bereich infolge der Wechselwirkung ionisierender Teilchen mit den Kristallgitter oder Molekülen des Szintillators (Pabst et al. 1985).

Verschiedene organische und anorganische Kristalle, bestimmte Flüssigkeiten, Gase und in Kunststoff gelöste organische Substanzen eignen sich als Szintillatoren. Für den Wert eines Szintillators sind eine hohe Quantenausbeute, eine kurze Abklingzeit der Lichtemission, sowie ein der Empfindlichkeit des Photovervielfachers entsprechendes Emissionsspektrum entscheidend (Pabst et al. 1985).

In der Veterinärmedizin wird das mit Thallium aktivierte Natriumjodid als ein einkristalliner, anorganischer Szintillator bevorzugt verwendet (Barber u. Roberts 1983; Devous u. Twardock 1984; Ueltschi 1987). Die Dichte von  $3,67 \text{ g/cm}^3$  ist hoch und gewährleistet eine gute Gammastrahlenausbeute (Emrich 1979). Der Anteil an Thallium beträgt 10 %. Er verschiebt das Luminiszenzmaximum auf 450 nm, was dem Empfindlichkeitsmaximum der Photokathode entspricht (Emrich 1979). Eine höhere Konzentration bewirkt keine Erhöhung der Lichtausbeute.

Um Licht und Feuchtigkeit abzuhalten ist der Kristall von einem dünnen Aluminiumblech umgeben.

Durch die Wechselwirkung der Strahlung mit ionisierenden Teilchen des Kristalls entstehen freie Elektronen und Exzitationen, wobei mit dem Energieverlust die Lichtausbeute ansteigt.

Kristalle dieser Art werden heute mit einem Durchmesser von 40 cm und einer Dicke von 1,5 cm hergestellt (Pabst et al. 1985). Devous (1984), Barber u. Roberts (1983) berichten von einem Kristall mit einem Durchmesser von 10 inches (= 25 cm) oder mehr, Ueltschi (1987) von mindestens 30 cm. Schneider (1984) schreibt von "jumbo cammeras" mit einem Durchmesser von 21 inches (= 52,5 cm).

Attenburrow (1984) benutzt einen "hand-held" Detektor dessen NaJ-Kristall einen Durchmesser von 25 mm besitzt.

Organische Szintillatoren sind chemische Verbindungen, die einen Benzolring mit seinen charakteristischen Doppelbindungen enthalten. Sie sind wegen der niedrigen Ordnungszahl und der geringen Dichte für den Nachweis von Gammastrahlen weniger geeignet (Pabst et al. 1985).

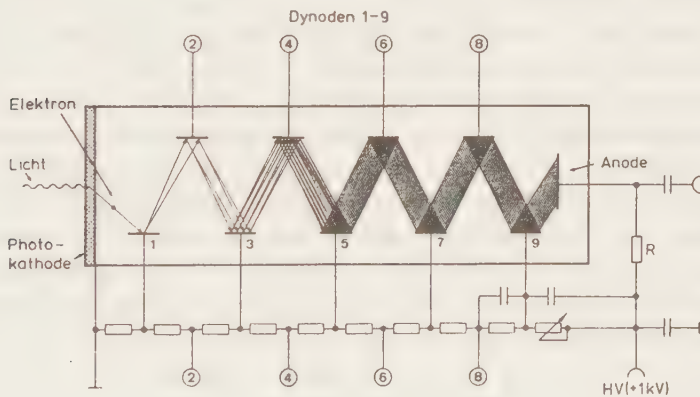
#### 4.3.3. Der Photovervielfacher

Der Photovervielfacher, auch Sekundär-Elektronen-Vervielfacher (SEV) oder Photomultiplier genannt, ist durch ein zähflüssiges Silicon-Öl mit dem Kristall verbunden.

Seine Aufgabe besteht darin, jedes an der Photokathode durch ein Lichtquant des Szintillators ausgelöstes Photoelektron zu vervielfachen und in einen proportionalen Spannungsimpuls umzuwandeln.

(Barber u. Roberts 1983; Emrich 1979; Pabst et al. 1985).

Abbildung 4: Prinzip eines Photovervielfachers



Wie aus der Abbildung 4 ersichtlich ist, gelangen die Photonen des Szintillators auf die Photokathode, lösen Photoelektronen aus, die durch das elektronenoptische Eingangssystem beschleunigt und auf die erste Dynode fokussiert werden. Das Vervielfachungssystem besteht aus mehreren, hintereinanderliegenden Dynoden. In ihm entsteht durch die Sekundärelektronenemission eine regelrechte Elektronenwolke, welche zur Anode gelangt. An einem Widerstand erzeugt der Anodenstrom einen Spannungsabfall und gibt dadurch das Ausgangssignal für die weitere Verarbeitung (Pabst et al. 1985).

Nimmt man an, das sich der Anodenstrom von einer Dynode zur anderen vervierfacht und etwa elf Stufen vorhanden sind, so erreicht man einen Verstärkungsfaktor von 4 000 000.

Die für die Praxis wichtigste Kenngröße ist der Anodendunkelstrom. Dieses ist jener Anodenstrom, welcher ohne Bestrahlung der Photokathode vorhanden ist. Er entsteht durch thermische Elektronenemission aus den Kathoden und Dynoden, Ströme durch Isolatoren und Emission im Eingangs- und Vervielfachungssystem infolge höherer örtlicher Feldstärken. Andere wichtige Parameter eines SEV sind die Kathodenempfindlichkeit (als Funktion der Wellenlänge), die Elektronenausbeute der Photokathode (als Verhältnis der Anzahl der emittierten Photoelektronen zur Anzahl der einfallenden Photonen), der Anodendunkelstrom und die Gesamtlaufzeit (Zeit zwischen dem Eintreffen eines Spannungsimpulses auf die Photokathode und dem Maximalwert des Anodenimpulses) (Pabst et al. 1985).

Folgende Eigenschaften des SEV sind wichtig: Hohe Stromverstärkung, hohe Quantenausbeute der Photokathode, Proportionalität zwischen einfallendem Photonenfluß und Anodenstrom, geringer Dunkelstrom.

Abhängig von der Größe des Kristalls sind auf ihm 19 oder 37 SEV (Barber u. Roberts 1983), 19 bis 61 (Ueltschi 1987) Photovervielfacher angeordnet.

Der SEV ist für die Leistungsfähigkeit der Gammakamera von großer Bedeutung. Er wird mit einer Strahlenquelle, die etwas größer als der Kamerakopf ist und überall gleichmäßige Aktivität aufweist (Flachphantom) überprüft. Die Abweichungen dürfen maximal 10 % betragen (Ueltschi 1987).

#### 4.3.4. Dokumentation und Auswertung

Für die Dokumentation der Ergebnisse stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung.

Die einfachste Möglichkeit ist die Speicherung des Ergebnisses auf ein Polaroidbild. Während der Untersuchung fotografiert hierbei eine Sofortbildkamera die Zählimpulse auf dem Bildschirm des Oszillographen (Devous u. Twardock 1984; Ueltschi 1987).

Aktivitätsunterschiede müssen allerdings in der Regel etwa 20 % betragen, um als solche erkannt zu werden (Ueltschi 1987). Ein weiterer Nachteil ergibt sich durch den begrenzten Schwärzungs-

umfang und die kleinen Bilder.

Eine anderes Verfahren stellt die Registrierung mit Röntgenfilmen dar (Devous u. Twardock 1984; Ueltschi 1987). Bei dieser Technik werden Aktivitätsunterschiede von weniger als 10 % schon wahrgenommen.

Bei der Anwendung der oben genannten Verfahren erfolgt eine Art Quantifizierung durch den optischen Vergleich. Die Anreicherung (Hot-Spots) im "pathologischen" Bereich wird mit der Akkumulation im vermutlich "normalen" Bereich verglichen. Die Beurteilung Ergebnisse ist subjektiv und nicht reproduzierbar. Ihre Wertigkeit ist abhängig von der Erfahrung des Untersuchers (Emrich 1979). Ein mit der Gammakamera verbundener nuklearmedizinischer Rechner (Schneider 1984), ermöglicht es, die Ergebnisse auf verschiedene Arten zu beurteilen (Barber u. Roberts 1983; Devous u. Twardock 1984; Hornof et al. 1982; Ueltschi 1987). Die Impulszahl wird bestimmt und in einem digitalen Datenträger abgespeichert. Die Weiterverarbeitung erfolgt nun mit Hilfe des Rechners, der eine quantitative Aussage über die Verteilung der radioaktiven Substanz ermöglicht (Barber u. Roberts 1983; Hornof et al. 1982). Zu Beachten ist hierbei, daß die Ortsauflösung im Szintigramm zusätzlich durch die Größe des Bildschirmatrixspeichers bestimmt wird. Eine zu grobe Aufrasterung führt zur Verschlechterung der Ortsauflösung (Pabst et al. 1985).

Mit dem Rechner kann zur Erhöhung des Kontrastes der Untergrund vom Meßwert subtrahiert werden. Falls eine Farbskala zur Verfügung steht, wird diese zwischen dem unteren und oberen Grenzwert der Impulsrate aufgeteilt. Aktivitätsunterschiede werden so besser erkannt. Wenn mit dem Untergrund auch der verfügbare Farbbereich reduziert wird, nennt man dieses "cut off". Beide Einstellungen müssen sehr sorgfältig vorgenommen werden.

Die am häufigsten angewandte Methode zur quantitativen Auswertung ist die regio-of-interest-Technik (ROI-Technik). Man versteht darunter ein gezielt ausgewähltes Gebiet, welches für den Auswertenden von besonderem Interesse ist. Mit dem Rechner kann nun die mittlere Impulsrate bzw. Radioaktivitätsrate innerhalb des ROI errechnet werden. In der gegenseitigen oder angrenzenden Skelettregion wird ebenso ein ROI ermittelt und als Divisor verwendet (Emrich 1979; Semmler et al. 1979).

Ein Nachteil der Szintigraphie bei der Frühdiagnostik war, daß durch eine Impulsvorwahl auch gesunde Gelenke eine

Radioaktivitätsverdichtung aufwiesen. Die Abgrenzung zwischen normalem und pathologischem Befund in der Frühdiagnostik war somit schwierig. Der Ausweg über die objektive quantifizierende ROI-Methode konnte wegen des zeitlichen und technischen Aufwandes in der Routine nicht durchgeführt werden. Eine semiquantitative Beurteilung ist jedoch durch die Standardisierung der Aufnahmebedingungen statt einer Impulsvorwahl möglich. Die Standards beziehen sich auf Dosis, Belichtungszeit, Untersuchungsreihenfolge, Gelenkposition und Zeitabstände nach der Injektion bei einer für jedes Gelenk festgelegten Aufnahmezeit. Das normale Gelenk z.B. stellt sich "blaß", das vermehrt speichernde Gelenk jedoch auf diesem Hintergrund frühzeitig kontrastreich und diagnostisch auswertbar dar (Semmler et al. 1979).

#### 4.3.5. Qualitätsmerkmale und Kenngrößen szintigraphischer Geräte

Die Ausbeute ist definiert als das Verhältnis der Zählrate zur Aktivität. Sie wird mittels einer radioaktiven Flächenquelle mit bekannter Aktivität bestimmt. Die Gesamtausbeute besteht aus der Ausbeute des Kollimators, des Szintillationskristalls und des elektrischen Übertragungssystems.

Die unterschiedliche Empfindlichkeit im szintigraphischen Bild führt zu Inhomogenitäten. Sie können die Ursache einer Fehlbeurteilung in der klinischen Praxis sein. Die Homogenitätseigenschaften werden entscheidend von der Einstellung des Energiefensters beeinflußt. Die Überprüfung der Homogenität erfolgt mit Hilfe eines Flachphantoms oder einer, im Abstand von ein bis zwei Metern befindlichen Punktquelle.

Unter der Ortsauflösung versteht man die Fähigkeit zwei Objektpunkte entsprechenden Abstandes voneinander getrennt darzustellen. Die Gammakamera wird durch die Darstellung des Schattenbildes eines Bleistreifens oder eines Lochphantoms daraufhin überprüft. Der Maßstab hierfür ist die Darstellung des Abstandes und der Breite des Streifens, welche im Schattenbild noch getrennt abgebildet werden. Ein weiterer Fehler bei der Impulsregistrierung ist, daß die Impulsrate nur bis zu einer oberen Grenze proportional zur Aktivität des radioaktiven Präparates übertragen wird. Die Ursache liegt in der Totzeit des Detektorsystems und der Registriereinrichtung. In der Totzeit werden durch weitere, auf

den Detektor auftreffende Photonen keine neuen Impulse registriert.

#### 4.4. Radiopharmaka

Radiopharmaka sind mit radioaktiven Nukliden markierte Verbindungen, die aufgrund der von ihnen emittierten Strahlen zur Diagnostik und Therapie verwendet werden (Emrich 1979). Obwohl mehr als 1100 Radionukleide existieren, sind nur wenige davon einsetzbar.

Folgende Kriterien muß ein diagnostisches Radiopharmakon erfüllen (Rijk 1986):

1. Es muß für den gewünschten Zweck geeignet sein.
  2. Die Zubereitung muß von definierter und/oder reproduzierbarer chemischer Identität sein, rein und stabil.
  3. Es muß eine gleichmässige und reproduzierbare Radioaktivität pro Einheit vorliegen.
  4. Es muß in der erforderlichen physikalischen Form vorliegen.
  5. Es muß steril und apyrogen sein.
  6. Es muß die gestellte Frage mit einem Minimum an Bestrahlung des Patienten beantworten.
  7. Es muß kommerziell verfügbar oder durch ein einfaches Verfahren hergestellt werden können.
  8. Das Radiopharmakon muß eine hohe Aktivität aufweisen, darf aber keine pharmakologischen und toxischen Eigenschaften besitzen.
- Das für die Knochenszinigrphie geeignete Radionuklid soll die Messung seiner Verteilung im Knochen mit ausreichender Flächenimpulsdichte in angemessener Zeit und bei vertretbarer Strahlenbelastung erlauben (Creutzig u. Hundeshagen 1973).
- In der Diagnostik ist es meist notwendig, Nuklide zu verwenden, welche Gammastrahlen emittieren. Nur sie besitzen eine genügende Durchdringungsfähigkeit (Emrich 1979). Die Energie der Strahlung wird so hoch gewählt, daß möglichst keine Absorption in den Körpergeweben auftritt. Zu hohe Energien setzen jedoch das Auflösungsvermögen des Detektors herab, erschweren die Kollimierung und führen zu einer erhöhten Strahlenbelastung der Umgebung. Energien von etwa 100-400 Kilovolt sind günstig. Die physikalische Halbwertszeit ist für die Strahlenbelastung des Patienten und für die Lagerungsfähigkeit wichtig. Das Problem der Lagerung eines kurzlebigen Radionuklids wurde durch die Verwendung

von Radionuklidgeneratoren gelöst. Der Generator ermöglicht es, von einer längerlebenden Muttersubstanz die kurzlebige Tochtersubstanz abzutrennen (Emrich 1979; Ueltschi 1987). Da das Tochternuklid laufend nachgebildet wird, läßt sich der Generator mehrmals eluieren (Rijk 1986; Ueltschi 1987).

In seiner Eigenschaft als Tracer soll das Radiopharmakon an dem biologischen Ablauf des Körpers funktionsgerecht teilnehmen, ihn aber nicht verändern (Emrich 1979).

Die Aufnahme, die Ausscheidung, die Verteilung und der Metabolismus bilden die Grundlage für den diagnostischen Nutzen der Substanz.

Das 85-Strontium kann nur bei Erwachsenen wegen der langen Halbwertszeit von 64 Tagen eingesetzt werden (Bessler 1975; Emrich 1979; Schneider 1984). Das 87m-Strontium wird aus einer Yttriumgeneratorsäule geliefert. Es hat bei einer Halbwertszeit von 2,8 Std eine zu langsame Clearance aus Blut und Gewebe (Emrich 1979). 18-Fluor mit einer hohen Knochenavidität wird in einem Zyklotron hergestellt. Sein Einsatz ist deshalb auf die unmittelbare Umgebung eines Reaktors oder Zyklotrons beschränkt (Bessler 1975; Emrich 1979).

Andere in der Vergangenheit benutzte Radionuklide sind das Indium, Selen, Xenon, Gallium, Mercury und Jod.

Seit der Einführung durch Subramanian und McAfee (1971) werden vorwiegend Technetium-99m Phosphatverbindungen zur Knochenszintigraphie eingesetzt (Barber u. Roberts 1983; Bessler u. Feine 1979; Rijk 1986; Springorum et al. 1984). Die Phosphatverbindung ist verantwortlich für die Ablagerung im Knochen, das Technetium-99m für die radioaktive Markierung.

Das Technetium wurde im Jahre 1937 von den italienischen Forschern C. Perrier und E. Segre bei der Bestrahlung von Molybdän mit Neutronen entdeckt. Die 27 meist kurzlebigen Isotope des Technetiums kommen in der Natur nicht vor (Holleman u. Wiberg 1976). Technetium hat eine kurze physikalische Halbwertszeit von sechs Stunden und emittiert Gammastrahlen von 140 keV (Attenburrow et al. 1984; Barber u. Roberts 1983; Schneider 1984; Subramanian et al. 1971; Ueltschi 1975).

Von den zur Verfügung stehenden knochenmarkierenden Phosphatverbindungen wird zur Zeit das Methylen-diphosphat (MDP) am meisten verwendet (Attenburrow et al. 1984; Lotz u. Cen 1978). Der Grund hierfür ist die schnelle soft-tissue-to-bone ratio

(Schneider 1984), also die schnelle Clearace vom Blut und Weichteilgewebe (Subramanian et al. 1975). Ueltschi verwendet auch die 3,3-Diphosphono-1,2-propandicarbonsäure (DPD). Der Technetium-Phosphatkomplex verdrängt Phosphatgruppen an der Oberfläche von Hydroxyl-Apatit-Kristallen im Knochen und wird dort adsorbiert (Büll et al. 1974; Creutzig u. Hundeshagen 1973; Emrich 1979; Lotz u. Cen 1978; Rijk 1986; Springorum et al. 1984; Ueltschi 1975). Der Sinn dieser Ablagerung liegt darin, daß erkrankte oder verletzte Anteile des Skelettsystems eine gegenüber der Norm veränderte Speicherfähigkeit für knochenaffine Elemente und Verbindungen aufweist (Bessler u. Feine 1979; Devous u. Twardock 1984; Ueltschi 1975). Das Ausmaß der Ablagerung wird von der Größenausdehnung, dem lokalen Blutfluß, Kapillarpermeabilität und dem Vorhandensein von neugebildetem Knochen und Kollagen bestimmt (Bessler u. Feine 1979). Der Einbau des Indikators beim gesunden Knochen erfolgt erst nach mehreren Stunden, in Gebieten mit gesteigertem Knochenstoffwechsel jedoch schon kurz nach der Injektion. Die Einlagerung ist ein unspezifischer Vorgang. Die Ausscheidung erfolgt über die Nieren in die Blase. Mit der szintigraphischen Untersuchung kann frühestens zwei Stunden nach der Applikation begonnen werden (Schneider 1984; Subramanian et al. 1975; Ueltschi 1987). Das Knochenszintigramm wird besser, wenn die Untersuchung nach drei bis vier Stunden durchgeführt wird.

#### 4.5. Allgemeine Indikationen und diagnostische Möglichkeiten

Die Skelettszintigraphie ermöglicht die Früherkennung, die exakte Abgrenzung und die Beurteilung der Verheilung einer Skelettläsion weit besser als eine röntgenologische Untersuchung (Bessler 1975). Gutartige Erkrankungen, wie Osteoarthritiden und Arthritiden sind bis zu zwei Jahre vor der klinischen und röntgenologischen Manifestation auf dem Szintigramm sichtbar (Ueltschi 1975). Ein positiver Szintigraphiebefund muß stets gezielt röntgenologisch nachuntersucht werden, da ihm keine krankheitsspezifische Bedeutung zukommt (Bessler 1975; Ueltschi 1975). Röntgensymptome hingegen sind morphologischer Art und ermöglichen in den meisten Fällen die Stellung einer Diagnose.

Eine der diagnostischen Möglichkeiten der Szintigraphie ist die Bestätigung eines Röntgenbefundes. In diesem Fall hat man keinen diagnostischen Gewinn, jedoch einen Hinweis auf die Ursache. So kann festgestellt werden, daß sich die osteotrophe Tracersubstanz an Stellen mit erhöhter Knochenanbaurate vermehrt abgelagert hat (z.B. Epiphysenfugen, osteoplastische Metastasen). In Gegenden mit erhöhtem Knochenumbau findet man ebenfalls einen positiven Szintigraphiebefund (z.B. osteolytischer Tumor oder Entzündungsherd, Fraktur, Fissur, bei Pseudarthrosenbildung oder Infektion). Knochendystrophische Prozesse und Inaktivitätsdystrophien sind szintigraphisch ebenfalls positiv, da die Tracerablagerung in ausgereiftes, noch nicht verkalktes Osteoid erfolgt (Bessler 1975; Bessler u. Feine 1979).

Bereits lange vor einem positiven Röntgenbefund erfolgt die Früherkennung eines metastatischen Knochenherdes mittels Szintigraphie.

Eine Skelettläsion ist im Röntgenbild in der Regel kleiner als es den pathologisch-anatomischen Gegebenheiten entspricht. Im Szintigramm ist sie sogar zu groß, da die Reaktion des umgebenden Knochens miterfasst wird.

Eine verheilte Skelettläsion ist, bei abgeschlossenen Reossifikationsvorgängen negativ, selbst wenn röntgenologisch noch ossäre Defekte vorhanden sind (Bessler 1975).

#### 4.6. Wirbelsäulenszintigraphie in der Humanmedizin

Erkrankungen der Wirbelsäule degenerativer oder entzündlicher Natur haben eine ossäre Komponente und sind somit szintigraphisch positiv. Eine Hyperämie synovialer Strukturen bedingt eine extraossäre Tracerablagerung in den betroffenen Gelenkweichteilen. Frakturen, primärer und sekundärer Tumorbefall und Spondylitiden haben ebenfalls einen positiven Szintigraphiebefund (Bessler 1975).

Die diagnostische Information wird durch die Divergenz zwischen Röntgen und Szintigraphie geliefert. Es können Wirbelfrakturen und andere Erkrankungen bei der Röntgenuntersuchung übersehen oder nicht dargestellt werden. Solche versteckte pathologische Prozesse werden mit Hilfe der Skelettszintigraphie gefunden. Die zeitliche Differenz zwischen röntgenologischer und szintigraphischer Erkennbarkeit beträgt bei Entzündungsherden mehrere Tage bis Wochen. Dadurch wird die Szintigraphie zum unentbehrlichen Frühdiagnostikum.

Spondylosen und Spondylarthrosen zeigen eine dauernde Vermehrung der Radioaktivitätsablagerung, die in Phasen mit progressiver Osteophytose besonders deutlich wird. Die Vorteile der Skelettszintigraphie gegenüber der Röntgenuntersuchung sind auch bei der Beurteilung von Wirbelsäulenerkrankungen die Früherkennungen von Knochen- und Gelenkkläsionen und die Beurteilungsmöglichkeit des Aktivitäts- oder Ausheilungsstadiums. Die Skelettszintigraphie gehört daher heute zur Routineuntersuchung bei vermuteter oder bekannter Wirbelsäulenerkrankung (Bessler u. Feine 1979).

Frakturen der Wirbelkörper lassen sich nicht immer durch Röntgenaufnahmen diagnostizieren. Bei gleichzeitig bestehenden degenerativen Veränderungen der Wirbelsäule ermöglicht die Szintigraphie häufig erst die Differenzierung zwischen alter und frischer Fraktur. Die früheste Anreicherung wurde vier Stunden nach Traumaeinwirkung gesehen, eine fehlende Mehranreicherung drei Tage nach Trauma schließt eine Fraktur aus (Lotz u. Cen 1978).

Die szintigraphische und röntgenologische Untersuchung von 40 jungen Athleten mit Rückenschmerzen zeigt ebenso, wie hilfreich die Szintigraphie bei Röntgenaufnahmen ohne besonderen Befund ist. Bei 15 Patienten sind Spondylosen röntgenologisch, bei einem der Patienten mit Veränderungen an den Epiphysenfugen diese sowohl röntgenologisch als auch szintigraphisch nachweisbar.

Lokale Veränderungen an den hinteren Wirbelelementen sind szintigraphisch bei 14 Patienten sichtbar.

Bei 10 Patienten sind Röntgen und Szintigraphie positiv mit gleichem Ergebnis. In zwei Fällen führt erst die positive Szintigraphie zu gezielt aufgenommenen Röntgenbildern und damit zum Nachweis der Spondylosen.

In fünf Fällen sind Spondylosen röntgenologisch aber nicht szintigraphisch sichtbar.

In vier röntgenologisch negativen Fällen ist die Szintigraphie positiv, wobei nach sechs Monate in einem Fall auch der Röntgenbefund positiv ist (Papanicolaou et al. 1985). Eine seltenere Indikation zur Wirbelsäulenszintigraphie ist die Kontrolle zur Sicherung des knöchernen Durchbaus wie z.B. bei einer Harrington-Spondylodese. Sie wird angefertigt, um eine Pseudoarthrose auszuschließen, da der interessierende röntgenologische Bereich meist überlagert ist (Springorum et al. 1984).

Von Büll und Winkler (1983) wurde eine Untersuchung über fokale Mehrspeicherungen in der Halswirbelsäule bei 61 skelettszintigraphischen Routineuntersuchungen durchgeführt. Es wurden posteriore und seitliche szintigraphische und röntgenologische Aufnahmen angefertigt. Die Anreicherungen lagen bei der posterioren Projektion paravertebral, in der seitlichen dorsal des Wirbelkörpers. Bis auf einen Fall konnte immer eine Intervertebralgelenksarthrose festgestellt werden. Ein Großteil der Patienten gab keine Halswirbelsäulenbeschwerden an. Bei der Auswertung mittels der ROI-Technik (Seitenvergleich) lagen die Quotienten alle unter 1,5.

#### 4.7. Die Dreiphasen - Skelett - Szintigraphie

Mit der Dreiphasen-Skelett-Szintigraphie besteht die Möglichkeit die Markierung des Knochens dynamisch zu verfolgen. Es wird dabei ein Bolus der knochenaffinen Substanz intravenös verabreicht. Sofort danach, d.h. nach 20 - 40 sec. bis die Front des Radiopharmakons in die Gefäße gelangt ist, werden innerhalb einer Minute Serienbilder mit einer Aufnahmedauer von jeweils drei Sekunden angefertigt (Ueltschi 1987). Auf diese Weise erhält man das Radionuklidangiogramm, auf dem die größeren Gefäße dargestellt sind.

In der zweiten Phase entsteht das Poolbild. Innerhalb von fünf bis zehn Minuten (Knezevic 1985; Ueltschi 1987) bzw. ein bis drei Minuten (Schneider 1984) nach der Injektion wird ein Szintigramm angefertigt. Es kann nun eine Aussage über den Gefäßreichtum und den Extrazellulärraum gemacht werden (Knezevic 1985; Schneider 1984; Ueltschi 1987).

Das Spätszintigramm oder die metabolische Phase wird zwei bis vier Stunden nach Injektion aufgenommen.

Das Dreiphasen-Knochen-Szintigramm ermöglicht also durch seine ersten zwei Phasen auch die Beurteilung des Weichteilgewebes.

#### 4.8. Die Szintigraphie am Pferd

Ueltschi (1975) berichtet als erster über die Skelett-szintigraphie bei 19 Pferden. Er benutzt eine Szintillationskammer nach Anger mit einem hochauflösenden Niederenergiekollimator, wodurch lange Aufnahmezeiten entstehen. Durch die Verwendung eines hochempfindlichen Niederenergiekollimators oder durch Erhöhung der Applikationsdosis ist eine Verkürzung der Zählzeit möglich. Als Radiopharmakon werden zwischen  $1,48 \times 10^9$  und  $3,7 \times 10^9$  Bq  $^{99m}\text{Tc}$  entweder an Zinn-Polyphosphat oder Zinn-Diphosphat gebunden und in die Vena jugularis injiziert. Mit dieser Aktivitätsdosis sind auch am stehenden Tier gute Aufnahmen möglich. Die Untersuchung beginnt nach zwei Stunden am sedierten oder narkotisierten Pferd und dauert bis zu neun Stunden nach der Injektion. Obwohl der Einbau des Indikators in den gesunden Knochen erst nach mehreren Stunden erfolgt, gibt es auch beim gesunden Pferd Stellen mit erhöhtem Einbau. Ueltschi (1975) behauptet, daß sich neben den Phalangen auch die Rückenwirbelsäule szintigraphisch sehr gut darstellen läßt. Die Wirbelkörper, Dorn- und Seitenfortsätze und im Thorakalbereich auch die Rippen sind deutlich voneinander zu unterscheiden. Krankhaft veränderte Wirbelsäulen konnte er nicht untersuchen. Den Vorteil der szintigraphischen Untersuchung sieht er in der Möglichkeit, Früh- und Mittelstadien erhöhter Knochenumbauprozesse darzustellen und zu erkennen.

Ueltschi (1987) bemerkt, daß die Knochenenden (Epiphysen, Metaphysen) immer besser markieren als die Diaphysen. Einige Ansatzstellen von Muskeln und Sehnen besitzen durch hohen

Knochenumbau ebenfalls eine vermehrte Speicherung der radioaktiven Substanz.

Bei vermehrter Anreicherung, also erhöhtem Knochenstoffwechsel, spricht er von "positivem Kontrast", bei verminderter von "negativem Kontrast". Wie groß der Unterschied der Anreicherung des pathologischen zum gesunden Gewebes sein muß, hängt vom untersuchten Gebiet ab. In derselben Veröffentlichung gibt er an, daß die Halswirbelsäule im Liegen von lateral mit einem hochauflösenden, niederenergetischen Kollimator bei Zählung von 1 000 000 Impulsen aufgenommen werden soll (Ueltschi 1987).

Da die Aufnahmedauer am stehenden Tier durch Abwehrbewegungen und Unruhe begrenzt ist, sollten die Pferde sediert werden. Liegt das Pferd in Narkose, kommen solche Störungen nicht vor und die Zähldauer kann erhöht, oder ein hochauflösender Kollimator benutzt werden (Ueltschi 1987).

Theodorakis et al. (1982) berichten über die Leberszintigraphie bei sieben Ponys. Die Szintigraphie ist die einzige Möglichkeit um die Funktion des retikuloendothelialen Systems zu beobachten. Sie wird aber auch benutzt um die Größe, Lage und die Ränder der Leber zu beurteilen (Theodorakis et al. 1982).

Hornof et al. (1982) schreiben von einem zwei Monate alten Vollbluthengst mit Atemschwierigkeiten. Mittels der szintigraphischen Untersuchung konnte eine embryonale Zyste im Mediastinum diagnostiziert werden. Den Vorteil dieser Untersuchung sehen sie in der Schnelligkeit und Einfachheit der Methode (Hornof et al. 1982).

Devous u. Twardock (1984) führten die Knochenszintigraphie innerhalb von vier Jahren an 1200 Pferden durch. Sie benutzen  $^{99m}\text{Tc}$  mit Pyrophosphat oder Methylenldiphosphat in einer Dosierung von ca.  $3,7 \times 10^9$  Bq. Die meisten Tiere werden für die Untersuchung leicht sediert. Die Aufnahmen von Wirbelsäule, Kopf und Becken werden lateral angefertigt. Über Erfahrungen der Halswirbelsäulenszintigraphie wird nichts mitgeteilt.

Stover et al. (1986) berichten über die Szintigraphie als eine Hilfe in der Diagnosestellung bei versteckter traumatischer Erkrankung des distalen Sprunggelenks anhand von drei Pferden.

Seleim (1986) untersucht 20 Pferde, die an intraartikulären Frakturen im Talokruralgelenk erkrankt sind. Bei allen Pferden ist das Ergebnis der Knochenszintigraphie positiv.

## C. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

### 1. MATERIAL, METHODIK, ERGEBNISSE

#### 1.1. Patientenmaterial

Im Jahre 1987 wurden an der Chirurgischen Tierklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München 53 Pferde klinisch, röntgenologisch und szintigraphisch untersucht. Insgesamt handelte es sich um 42 (79,2 %) Warmblüter, 7 (13,2 %) Traber, 2 (3,8 %) Araber und 2 (3,8 %) Vollblüter. Die 38 (71,7 %) männlichen Tiere setzten sich aus 18 (47,4 %) Hengsten und 20 (52,6 %) Wallachen, sowie 15 (28,3 %) Stuten zusammen. 26 (49,1 %) Pferde waren jünger als sechs Jahre, 19 (35,8 %) zwischen 6- und 10-jährig und 8 (15,1 %) älter als zehn Jahre.

| RASSE      | WARMBLUT | TRABER | ARABER | VOLLBLUT |
|------------|----------|--------|--------|----------|
| GESCHLECHT |          |        |        |          |
| STUTE      | 6        | 3      | 1      | -        |
| HENGST     | 6        | 4      | -      | -        |
| WALLACH    | 13       | -      | -      | 1        |

Tabelle 3: Anzahl, Rasse und Geschlecht der Pferde ohne spinale Ataxie.

Von den 53 untersuchten Pferden waren 19 (35,8 %) an spinaler Ataxie unterschiedlichen Grades erkrankt. Die erkrankten Pferde bestanden aus 17 (89,4 %) Warmblütern und jeweils 1 (5,3 %) Araber und Vollblüter. Bei der Geschlechtsverteilung dominierte das männliche Tier mit 13 (68,5 %) Patienten, bestehend aus 6 (31,5 %) Hengsten und 7 (37,0 %) Wallachen. Der Anteil der Stuten betrug 6 (31,5 %) Tiere. 14 (73,6 %) der erkrankten Pferde war unter 6 Jahre alt, 3 (15,8 %) 6 - 10 Jahre und 2 (10,6 %) über 10 Jahre alt.

| RASSE      | WARMBLUT | TRABER | ARABER | VOLLBLUT |
|------------|----------|--------|--------|----------|
| GESCHLECHT |          |        |        |          |
| STUTE      | 6        | -      | -      | -        |
| HENGST     | 4        | -      | 1      | 1        |
| WALLACH    | 7        | -      | -      | -        |

Tabelle 4: Anzahl, Rasse und Geschlecht der an spinaler Ataxie erkrankten Pferde

## 1.2. Diagnostik und Ergebnisse

### 1.2.1. Die klinische Untersuchung

Die klinische Untersuchung und Einteilung des Schweregrades der Erkrankung wurde anhand eines Untersuchungsschemas vorgenommen. Als Grundlage dienten die von Dahme, Schebitz (1970) und Böhm, Hebeler (1980) veröffentlichten Arbeiten.

Die Pferde wurden auf einer ca. dreißig Meter langen Bahn vorgestellt. Sie wurden geradeaus im Schritt und Trab, sowie in Schlangenlinien im Schritt geführt. Außerdem wurden Wendungen um die Vorderhand, Übergänge vom Trab zum Schritt, Belastungstests an der Longe und das Pferd unter dem Reiter bei angestrebter Versammlung beurteilt. Bei den Vordergliedmaßen wurde auf nachschleifende Hufe, tappende Fußung, Stolpern, übertriebenes Vorschwingen und bei den Hintergliedmaßen zusätzlich auf mähende Gliedmaßenführung, sowie übertriebene Ab- oder Adduktion und auffallendes Anwinkeln der Gelenke geachtet. Bei unter dem Sattel gehenden Pferden wurde beim Übergang vom Trab zum Schritt auf ein geringes Einknicken der Hinterhand geachtet.

Tabelle 5: Einteilung der spinalen Ataxie

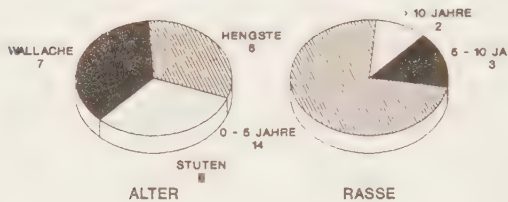
| Symptome                                | I.Grad       | II.Grad       | III.Grad      |
|-----------------------------------------|--------------|---------------|---------------|
| Wendung um Vorderhand                   | undeutlich   | sehr deutlich | nicht möglich |
| Schlangenlinie                          |              |               |               |
| Übergang vom Trab zum Schritt           |              |               |               |
| Belastung unter dem Reiter (oder Longe) | deutlich     | sehr deutlich | nicht möglich |
| Versammlung unter der Reiter            | kaum möglich | nicht möglich | nicht möglich |

### 1.2.2. Ergebnis der klinische Untersuchung

Bei der Einteilung in die verschiedenen Grade der spinalen Ataxie ergab sich folgende Gruppierung: 8 ( 42,1 %) Pferde waren I. Grades, 8 (42,1 %) II. Grades und 3 (15,8 %) III. Grades an spinaler Ataxie erkrankt. Die 8 Pferde I. Grades setzten sich aus 7 Warmblütern und 1 Araber zusammen, darunter befanden sich 3 Stuten, 2 Hengste und 3 Wallache. 4 Patienten waren 1 bis 5 Jahre alt, 2 Pferde zwischen 6 bis 10 Jahre und älter als 10 Jahre 2 Pferde. 8 Warmblüter waren II. Grades erkrankt. Diese Gruppe bestand aus 2 Stuten, 3 Hengsten und 3 Wallachen. Das älteste Pferd war 5 Jahre alt.

3 Pferde waren an spinaler Ataxie III. Grades erkrankt. Es handelte sich um einen 6-jährigen Vollbluthengst, eine 4-jährige Warmblutstute und einen 2-jährigen Warmblutwallach.

Grafik 1: Alter und Rasse erkrankter Pferde



In der Gruppe der an spinaler Ataxie I. Grades erkrankten Pferde wurde im Vorbericht dreimal ein Schwanken der Hinterhand angegeben. Bei zwei Tieren war ein Sturz mit anschließender Bewegungsstörung beobachtet worden. Die verbleibenden fünf Patienten wurden wegen sogenannten Rückenproblemen (Verspannung, Unrittigkeit), sowie in einem Fall wegen Streichens der Hintergliedmaßen vorgestellt.

6 Pferde, die II. Grades erkrankt waren wurden zur Abklärung von Koordinationsstörungen und 2 Pferde wegen steifer Hinterhand vorgestellt.

Bei den 3 Pferde III. Grades wurde der Verdacht auf spinale Ataxie angegeben.

Eine 2-jährige Traberstute wurde wegen Bewegungsstörungen im Hals vorgestellt.

### 1.2.3. Die röntgenologische Untersuchung

Die Röntgenaufnahmen wurden mit einem Siemens-Röntgengerät des Typs "Gigantos Optimatic" mit einem 12-Puls Generator angefertigt. Als Röntgenkassette diente die "Spezial"-Folie mit einem stehenden Lysholmraster bei Verwendung eines handelsüblichen Röntgenfilms. Die Größe der Kassette war 30 x 40 cm. Der Zentralstrahl wurde auf den zweiten, vierten und sechsten Halswirbel gerichtet.

Folgende Belichtungswerte wurden eingestellt:

|             | Dicker Hals    | Dünnere Hals   |
|-------------|----------------|----------------|
| Aufnahme 1: | 63 KV / 40 mAs | 63 KV / 32 mAs |
| Aufnahme 2: | 70 KV / 50 mAs | 70 KV / 40 mAs |
| Aufnahme 3: | 77 KV / 80 mAs | 77 KV / 60 mAs |

Bei 50 Pferden wurden die Aufnahmen im Stehen, bei drei Pferden in Narkose mit abgebeugter Halswirbelsäule angefertigt. Bei letzteren wurden die Aufnahmen nach dem Schema von Böhm und Hebel (1980) ausgewertet. Bei den Aufnahmen der abgebeugten Halswirbelsäule wurde der Winkel zwischen zwei korrespondierenden Wirbeln ausgemessen und die Ergebnisse mit den Standardwerten verglichen.

### 1.2.4. Ergebnis der röntgenologischen Untersuchung

Bei der Auswertung aller angefertigten Aufnahmen konnten vier verschiedene Befunde mehrmals erhoben werden:

1. Spondylarthrotische Veränderungen, gekennzeichnet durch deutliche knöcherne, periartikuläre Zubildungen und einem unscharfen, nicht deutlich erkennbaren Gelenkspalt an den kleinen Wirbelgelenken.
2. Verdacht auf spondylarthrotische Veränderungen. Dieser Befund wurde dann erhoben, wenn die unter 1. angeführten Veränderungen nicht vorhanden waren, jedoch dorsal vor allem an den hinteren Gelenken der Halswirbelsäule eine unklare knöcherne dünne

Spangenbergbildung vorhanden war oder der Gelenkspalt leicht rauh erschien.

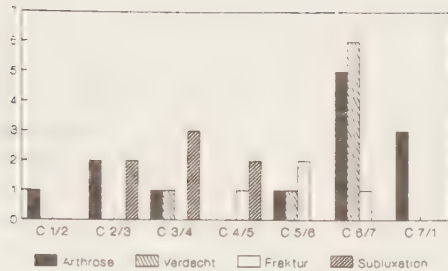
3. Frakturen an den kleinen Wirbelgelenken.

4. Subluxationsstellung des Wirbelkörpers durch Herausgleiten des Wirbelkopfes über den Pfannenrand des korrespondierenden Wirbels. Bei 20 (37,7 %) der 53 untersuchten Pferde konnten ein oder mehrere röntgenologische Befunde erhoben werden, darunter bei 13 (68,4 %) der an spinaler Ataxie erkrankten Patienten. Von den 34 nicht erkrankten Pferden wurde in 7 Fällen (20,5 %) ein Röntgenbefund festgestellt werden.

Die geometrisch mathematische Berechnung der bei maximaler Ventroflexion der Halswirbelsäule angefertigten Aufnahmen bei drei Pferden führte zu folgendem Ergebnis: Zweimal Subluxationsstellung bei C 2/C 3, einmal bei C 3/C 4, zweimal bei C 4/C 5 und einmal bei C 5/C 6.

Die nachfolgende Tabelle 6 und Graphik 2 stellen eine Zusammenfassung der verschiedenen Befunde an den einzelnen Gelenken aller Pferde dar.

|          | Spondyl-<br>arthrose | Verdacht auf<br>Spondylarthrose | Fraktur der<br>kl. Wirbelgelenke | Subluxations-<br>stellung |
|----------|----------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| C 1/C 2  | 1                    |                                 |                                  |                           |
| C 2/C 3  | 2                    |                                 |                                  | 2                         |
| C 3/C 4  | 1                    | 1                               |                                  | 2                         |
| C 4/C 5  |                      |                                 | 1                                | 2                         |
| C 5/C 6  | 1                    | 1                               | 2                                | 1                         |
| C 6/C 7  | 5                    | 6                               | 1                                |                           |
| C 1/Th 1 | 3                    |                                 |                                  |                           |



Aus Tabelle 6 und Graphik 2 wird deutlich, daß 5 mal (3 Pferde) eine Arthropathia deformans (A. def.) und ein Verdacht auf A. def. an C 1/C 2, C 2/C 3 und C 3/C 4 festgestellt wurde. Keines dieser Pferde war an spinaler Ataxie erkrankt.

Dieselben Befunde wurden 16 mal (50,0 %) an den Wirbelgelenken C 5/C 6, C 6/C 7 und C 7/Th 1 bei 13 Pferden festgestellt (10 Befunde bei 8 erkrankten Pferden). Alle Tiere mit Subluxationsstellung eines Wirbelgelenkes waren erkrankt. Die Subluxationen beschränken sich auf den Bereich C 2/C 3, C 3/C 4 und C 4/C 5. Die Tabellen 7, 8, 9 zeigen die Rasse-, Alter- und Geschlechtsverteilung anhand der Befunde und einzelnen Gelenke.

Tabelle 7: Verteilung der Rassen

|          | A. def.                | Verdacht auf<br>A. def.    | Fraktur der<br>kl. Wirbelgelenke | Subluxations-<br>stellung |
|----------|------------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| C 1/C 2  | 1 Traber               |                            |                                  |                           |
| C 2/C 3  | 1 Warmblut<br>1 Traber |                            |                                  | 2 Warmblüter              |
| C 3/C 4  | 1 Traber               | 1 Warmblut                 |                                  | 2 Warmblüter              |
| C 4/C 5  |                        |                            | 1 Warmblut                       | 2 Warmblüter              |
| C 5/C 6  | 1 Warmblut             | 1 Warmblut                 | 2 Warmblüter                     | 1 Warmblut                |
| C 6/C 7  | 5 Warmblüter           | 5 Warmblüter<br>1 Vollblut | 1 Warmblut                       |                           |
| C 1/Th 1 | 3 Warmblüter           |                            |                                  |                           |

Aus der Tabelle 7 ist zu entnehmen, daß es sich bei den erkrankten Pferden bis auf zwei Ausnahmen (ein Traber, ein Vollblüter) um Warmblutpferde handelt.

Tabelle 8: Verteilung nach Alter

|          | A. def.    | Verdacht auf<br>A. def. | Fraktur der<br>kl. Wirbelgelenke | Subluxations-<br>stellung |
|----------|------------|-------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| C 1/C 2  | 2          |                         |                                  |                           |
| C 2/C 3  | 2/8        |                         |                                  | 1/2                       |
| C 3/C 4  | 2          | 2                       |                                  | 1/1                       |
| C 4/C 5  |            |                         | 2                                | 1/1                       |
| C 5/C 6  | 5          | 4                       | 2/12                             | 1                         |
| C 6/C 7  | 4/5/6/7/12 | 1/3/3/7/7/8             | 2                                |                           |
| C 1/Th 1 | 4/7/12     |                         |                                  |                           |

Wie aus Tabelle 8 ersichtlich, werden die Befunde A. def. und Verdacht auf A. def. an den Gelenken C 1/C 2 bis C 4/C 5 nur fünfmal bei 3 Pferden erhoben. Lediglich ein 2-jähriger Hengst mit dem Verdacht auf A. def. ist an spinaler Ataxie erkrankt. Die übrigen 16 Befunde von 13 Pferden, davon 8 erkrankt, teilen sich in 8 bis einschließlich 5-jährige und 8 ältere auf. Die im mittleren Abschnitt der Halswirbelsäule vorliegenden Frakturen und Subluxationen kommen bis auf einen 12-jährigen Wallach beim 1- bis 2-jährigen Pferd vor.

Tabelle 9: Verteilung nach Geschlecht

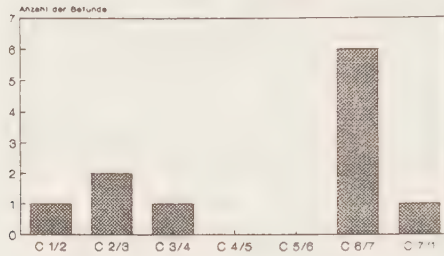
|          | A. def.      | Verdacht auf<br>A. def. | Fraktur der<br>kl. Wirbelgelenke | Subluxations-<br>stellung |
|----------|--------------|-------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| C 1/C 2  | W            |                         |                                  |                           |
| C 2/C 3  | W,M          |                         |                                  | M,MK                      |
| C 3/C 4  | W            | M                       |                                  | M,M                       |
| C 4/C 5  |              |                         | M                                | M,M                       |
| C 5/C 6  | MK           | W                       | W,MK                             | M                         |
| C 6/C 7  | W,W,MK,MK,MK | W,W,M,M,MK,MK           | W                                |                           |
| C 1/Th 1 | W,MK,MK      |                         |                                  |                           |

Im hinteren Halswirbelsäulenbereich (C 5/C 6 bis C 1/Th 1) werden 10 mal die Befunde A. def. und Verdacht auf A. def. beim männlichen und 6 mal beim weiblichen Tier gesehen. 8 Pferde, mit 10 Befunden, davon 5 männlich und 3 weiblich sind an spinaler Ataxie erkrankt.

Die Graphiken 3 und 4 veranschaulichen, daß beim gesunden und erkrankten Pferd die meisten Befunde am Gelenk C 6/C 7 auftreten.

Graphik 3:

**Röntgenbefunde gesunder Pferde**  
7 Pferde - 11 Befunde



Graphik 4:

**Röntgenbefunde erkrankter Pferde**  
13 Pferde - 21 Befunde

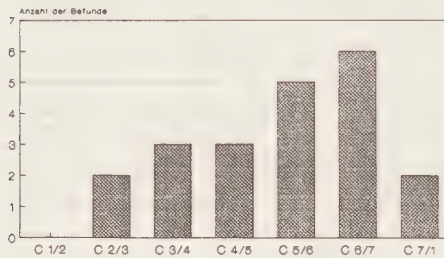




Abbildung 5: Röntgenaufnahme der Halswirbel 3, 4 und 5 eines einjährigen klinisch gesunden Pferdes. Die Aufnahme wurde im Stehen angefertigt. Deutlich können die Fugen cranial und caudal an den Wirbelkörpern erkannt werden. Die kleinen Wirbelgelenke sind klar und scharf konturiert.



Abbildung 6: Röntgenaufnahme des 6. und 7. Halswirbels eines klinisch gesunden Pferdes. Es handelt sich um ein erwachsenes Pferd. Die Gelenke erscheinen unauffällig.

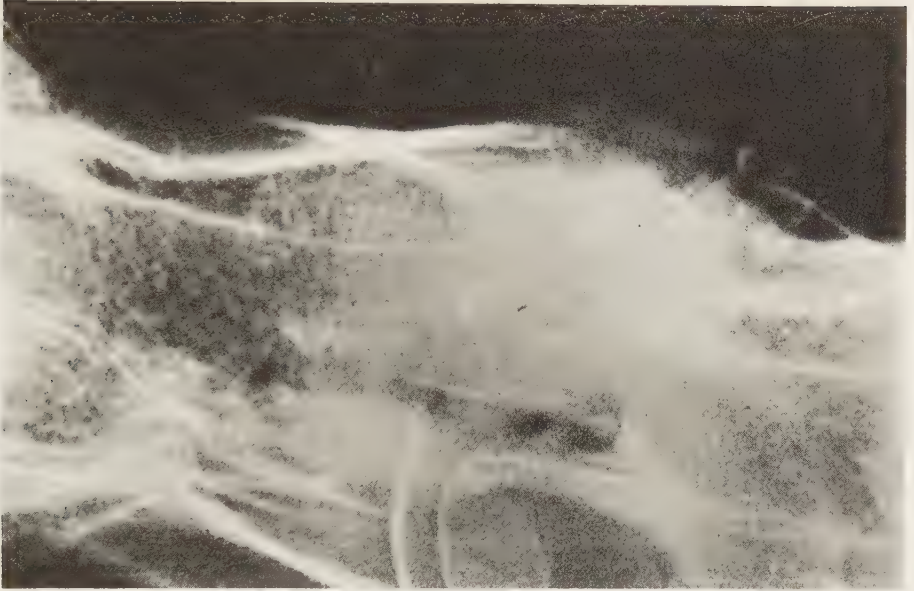


Abbildung 7: Röntgenaufnahme des Gelenkes zwischen dem 5. und 6. Halswirbel. Deutlich sind der Frakturspalt und ein Fragment zu erkennen. Es handelt sich um einen 12-jährigen Warmblutwallach mit spinaler Ataxie ersten Grades.



Abbildung 8: Röntgenaufnahme der Halswirbel 2, 3 und 4. Deutlich zu erkennen ist die Subluxationsstellung am Gelenk C 2/C 3. Es handelt sich um einen 2-jährigen Warmblutwallach mit spinaler Ataxie dritten Grades.



Abbildung 9: Röntgenaufnahme des 6. Halswirbels. Am Gelenk C 6/C 7 wird eine Arthropathia deformans diagnostiziert. Der Gelenkspalt ist nur noch teilweise erkennbar und die dorsalen Anteile der Gelenkfortsätze sind leicht unruhig strukturiert.



Abbildung 10: Röntgenaufnahme des 6. Halswirbels. Am Gelenk C 6/C 7 wird der Verdacht auf eine Arthropathia deformans geäußert. Der Gelenkspalt ist nicht ganz scharf konturiert. Der caudale Gelenkfortsatz erscheint leicht wolig.

### 1.2.5. Die szintigraphische Untersuchung

Die 55 szintigraphischen Untersuchungen an 53 Pferden wurden mit zwei verschiedenen Gammakameras nach Anger der Firma Thompson CGR durchgeführt. Angeschlossen an die Kamera war ein Computer mit entsprechender Software der Firma Thompson CGR.

Bei den ersten 24 szintigraphischen Untersuchungen der Halswirbelsäule wurde ein Detektorkopf mit einem Durchmesser von 25 cm, bei den darauffolgenden 31 Untersuchungen einer mit 40 cm benutzt. Ein erkranktes Pferd wurde mit dem kleinen Detektorkopf und nach einem Jahr mit der Großfeldkamera untersucht. Zur Verfügung standen ein niederenergetischer hochempfindlicher Kollimator und ein niederenergetischer hochauflösender Kollimator. Die ersten 24 Szintigraphien sind 12 mal in Narkose mit dem niederenergetischen hochauflösenden Kollimator und 12 mal am stehenden Pferd durchgeführt, davon 11 mal mit dem niederenergetischen hochauflösenden und einmal mit dem niederenergetischen hochempfindlichen Kollimator. Ein klinisch erkranktes Pferd ist in einem Untersuchungsgang vergleichend im Stehen mit beiden Kollimatoren szintigraphiert worden.

Die verbleibenden 31 Szintigraphien sind mit der Großfeldkamera unter Verwendung eines niederenergetischen hochempfindlichen Kollimators durchgeführt worden.

Als Radiopharmakon wurde Technetium-99m, gebunden an das knochenaffine Methylen-diphosphat verwendet. 15 Minuten vor intravenöser Verabreichung wurde Technetium-99m unter sterilen Kautelen aus dem Generator eluiert und mit Methylen-diphosphat inkubiert. Im Durchschnitt wurden  $4,81 \times 10^9$  Bq ( $3,15 \times 10^9$  bis  $7,4 \times 10^9$  Bq) in die Vena jugularis injiziert. Um Anreicherungen im Injektionsgebiet zu vermeiden, wurde die Braunüle oder Kanüle herzwärts gelegt und nach Applikation mehrmals aspiriert. Zwei bis drei Stunden nach der Injektion wurden 41 szintigraphische Untersuchungen am sedierten stehenden Pferd und 14 am narkotisierten Pferd in Seitenlage durchgeführt.

Zur Durchführung der Untersuchung waren mindestens drei Personen notwendig. Zwei davon fixierten das Pferd, eine Person bediente das Gerät.

Der Detektorkopf des Gerätes wurde parallel und lateral bei Hautkontakt so am Hals plazierte, daß sich mindestens zwei, bei der Großfeldkamera drei kleine Wirbelgelenke möglichst zentral auf

dem jeweiligen Szintigramm darstellen. Um die Lage des Detektorkopfes vor der eigentlichen Aufnahme überprüfen zu können, stand ein Oszilloskop bereit. Da der Detektorkopf wegen seiner Bleihülle wesentlich größer ist als die strahlenregistrierende Fläche, konnte im caudalen Halsbereich wegen zunehmender Halsstärke nicht immer parallel gearbeitet werden. Lagen die Pferde in Narkose, so wurden unter den durchhängenden Hals Lederpolster zum Ausgleich geschoben.

Je nach verabreichter Aktivitätsmenge und Anzahl der gezählten Impulse (Counts) variierte die Aufnahmedauer mit dem LEHS-Kollimator zwischen einer und zwei Minuten, mit dem LEHR-Kollimator zwischen zwei und vier Minuten. Bei den mit dem kleineren Detektorkopf untersuchten acht Halswirbelsäulen am stehenden Pferd wurden immer 400 000, bei seitlicher Lagerung viermal 500 000, viermal 750 000 und viermal 1 000 000 Counts registriert. Bei den restlichen mit der Großfeldkamera angefertigten Szintigrammen wurden einmal 500 000, dreimal 650 000 und 27 mal 1 000 000 Impulse gezählt. Die Auswertung der Szintigramme erfolgte durch zwei unterschiedliche Methoden:

1. Qualitativ: optische Auswertung am Farbbildschirm des Computers, auf welchem das Szintigramm abgebildet ist. Die registrierten Counts werden auf dem Monitor in sogenannten Pixels dargestellt. Ein Pixel ist die kleinste registrierende Zählfläche, die von der Software gesteuert wird. Die maximale Anzahl an Counts pro Pixel beträgt 255, wobei je nach aufgenommen Impulsen pro Pixel dieses in einer unterschiedlichen Farbe erscheint. Um die Aktivitätsunterschiede (Hot-Spots) im Bild zu verdeutlichen, besteht die Möglichkeit, Pixels mit wenig Counts in der Farbe niedriger Aktivität und umgekehrt Pixels mit viel Counts in der Farbe hoher Aktivität darzustellen. Bei der Auswertung wurden je nach Anzahl der dargestellten kleinen Wirbelgelenke diese farblich miteinander verglichen.

Die Software bietet die Möglichkeit mittels eines Lightpens eine Linie auf dem Bildschirm durch die Farbpunkte der höchsten Aktivität zweier oder dreier benachbarter kleiner Gelenke zu legen. Daraufhin erscheint am Bildschirm ein Koordinatensystem, in dem Counts gegen Pixels aufgetragen sind. Die Höhe der entstehenden Kurven im Bereich der Gelenke wurden miteinander verglichen. Diese Methode wurde als erweiterte quantitative Auswertung bezeichnet.

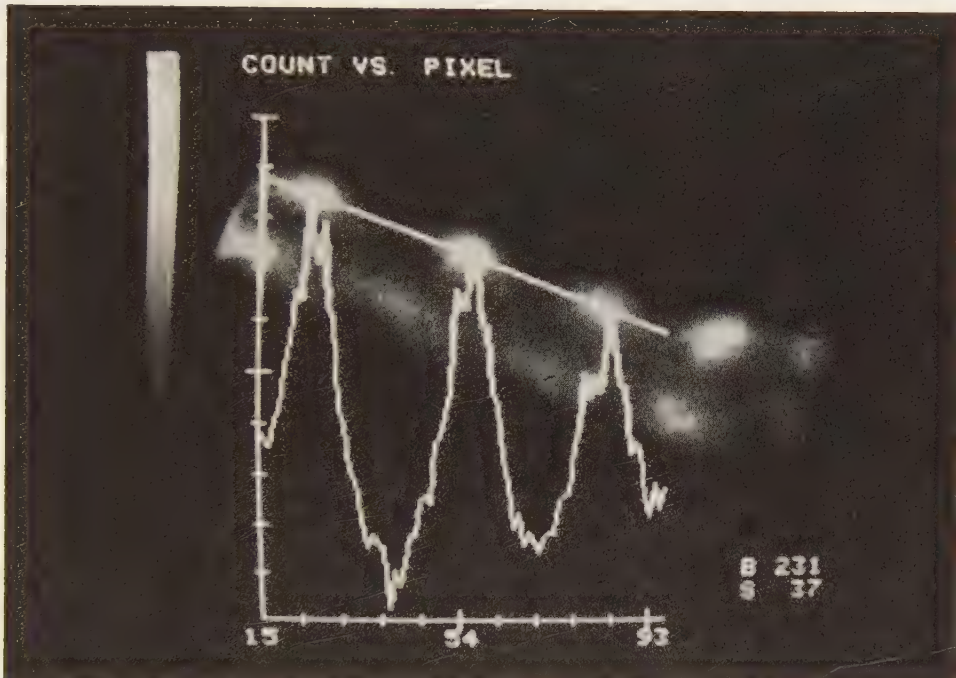


Abbildung 11: Szintigraphische Darstellung der Halswirbel C 4 bis C 7 bei einem gesunden Pferd. Die Aufnahme verdeutlicht mittels des Koordinatensystems und der Farbunterschiede den Abfall der Aktivitätsaufnahme bis C 6/C 7.

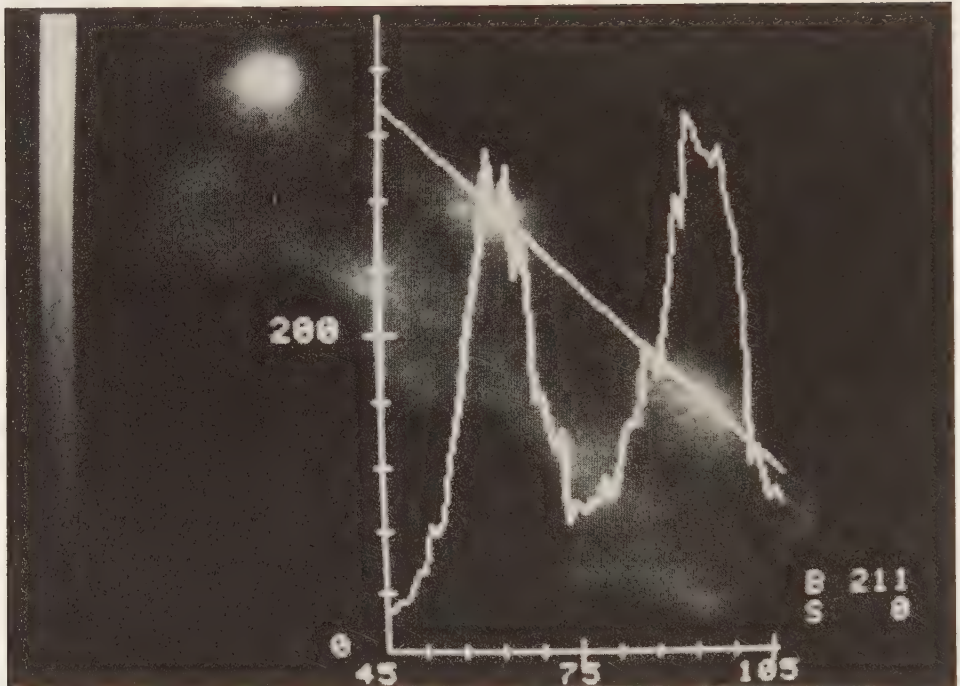


Abbildung 12: Abgebildet sind die Wirbel C 3 und C 4, hier verdeutlichen das Koordinatensystem und die Farbunterschiede eine erhöhte Anreicherung bei C 4/C 5.

2. Quantitativ: optische Auswertung mittels der regio-of-interest-Technik. Dazu wurden mit Hilfe der Software und des Lightpens auf dem Monitor im Bereich der Gelenke Rechtecke von immer gleicher Länge und Breite gelegt, und eine definierte Anzahl von Pixels quantitativ erfasst. Da die Stellung der Gelenke abhängig von der Haltung des Halses während der Aufnahme ist, und versucht werden muß nur den Bereich des Gelenkes quantitativ zu ermitteln, wurde mit zwei senkrecht zueinander stehenden rechteckigen regio-of-interest (ROI) gearbeitet. Die Anzahl der

registrierten Impulse der beiden ROIs wurden addiert und durch zwei geteilt. Um die quantitativen Ergebnisse aller Pferde miteinander vergleichen zu können, wurde zentral auf dem vierten Halswirbel ein ROI ermittelt und alle gemessenen Werte zu diesem ins Verhältnis gesetzt. Da das Gelenk C 7/Th 1 sich auf dem Szintigramm nicht deutlich darstellt, konnte in diesen Bereich kein ROI gelegt werden, es ist daher quantitativ nicht ausgewertet. Anhand von 15 (48,4 %) mit dem großen Detektorkopf untersuchten, gesunden Pferden ohne röntgenologischen und szintigraphischen qualitativen Befund wurde für jedes gesunde Gelenk ein Quotient und die Standartabweichung errechnet. In einem Koordinatensystem wurde mit diesen Werten eine Verlaufskurve erstellt. Die Quotienten der einzelnen Gelenke jedes Pferdes wurden mit dieser Kurve und deren Standartabweichung verglichen. Die Quotienten der mit dem kleinen Detektorkopf untersuchten Halswirbelsäulen verlaufen alle niedriger. Es wird beurteilt, ob der Quotient eines Gelenkes von der hier niedriger liegenden Standartverlaufskurve abweicht. Die Tabelle 10 beinhaltet die auf  $3,7 \times 10^9$  Bq umgerechneten Quotienten aller Pferde ohne klinischen, röntgenologischen und szintigraphisch qualitativen Befund (n=15).

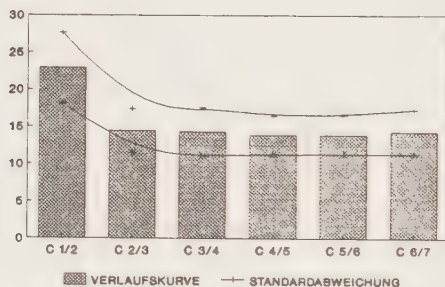
Tabelle 10:

| C 1/C 2 | C 2/C 3 | C 3/C 4 | C 4/C 5 | C 5/C 6 | C 6/C 7 |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 23,20   | 11,81   | 12,22   | 12,50   | 11,78   | 14,00   |
| 29,40   | 17,38   | 16,81   | 14,71   | 14,56   | 15,61   |
| 27,10   | 14,69   | 11,67   | 12,08   | 11,84   | 12,96   |
| 21,49   | 12,28   | 14,27   | 14,00   | 11,45   | 13,91   |
| 21,60   | 20,03   | 21,33   | 19,11   | 15,71   | 18,36   |
| 17,34   | 10,21   | 9,60    | 10,34   | 9,95    | 9,27    |
| 26,67   | 15,99   | 15,57   | 14,40   | 16,00   | 17,02   |
| 23,45   | 16,58   | 14,03   | 15,07   | 13,25   | 14,03   |
| 14,52   | 9,66    | 10,64   | 10,19   | 9,74    | 8,74    |
| 16,64   | 13,56   | 11,81   | 12,70   | 11,49   | 12,63   |
| 28,99   | 15,15   | 14,43   | 13,79   | 13,14   | 15,03   |
| 30,50   | 17,99   | 20,34   | 18,75   | 18,63   | 19,26   |
| 19,92   | 14,34   | 15,78   | 13,89   | 14,67   | 17,19   |
| 23,63   | 16,48   | 15,36   | 16,17   | 16,82   | 16,20   |
| 19,19   | 11,07   | 11,34   | 11,06   | 10,33   | 10,98   |

Mittelwerte der Quotienten und Standartabweichungen:

|                          | C 1/C 2 | C 2/C 3 | C 3/C 4 | C 4/C 5 | C 5/C 6 | C 6/C 7 |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Quotient                 | :22,91  | 14,48   | 14,35   | 13,92   | 13,92   | 14,35   |
| Standart-<br>abweichung: | 4,74    | 2,93    | 3,25    | 2,57    | 2,60    | 3,00    |

Graphik 5:



Die Graphik 5 veranschaulicht die Höhe der einzelnen Quotienten mit der Standartabweichung.

Auf dem Monitor stellen sich die Gelenke bei unterschiedlicher Größe des Detektorkopfes auch unterschiedlich groß dar. Daraus folgte, daß eine unterschiedliche Größe der ROIs gewählt werden musste:

|                | Detektorkopf (25 cm) | Detektorkopf (40 cm) |
|----------------|----------------------|----------------------|
| Parameter      | 12x12                | 8x8                  |
| Kleines Gelenk | 45x45                | 30x30                |
| Dens           | 60x42                | 40x28                |

Die Anzahl der ausgewerteten Pixels war ebenfalls unterschiedlich groß:

|                | Detektorkopf (25 cm) | Detektorkopf (40 cm) |
|----------------|----------------------|----------------------|
| Parameter      | 36                   | 16                   |
| Kleines Gelenk | 506,25               | 225                  |
| Dens           | 630                  | 280                  |

Die Größe der ROIs wurde so gewählt, daß das Verhältnis von Parameter zum kleinem Wirbelgelenk immer 1:14 und zum Dens immer 1:17,5 betrug. Die ROIs in Szintigrammen, die mit dem kleineren Detektorkopf ermittelt wurden, waren jeweils um den Faktor 2,25 größer.



Abbildung 13: Im szintigraphischen Bild sind der Atlas, sowie der Dornfortsatz des 2. Halswirbels eines gesunden Pferdes ohne erhöhtes Speicherungsverhalten abgebildet. In das Gelenk C 1/C 2 wurde ein regio-of-interest gelegt. Die Aufnahme wurde mittels eines Szintillators mit dem Durchmesser von 24 cm angefertigt.

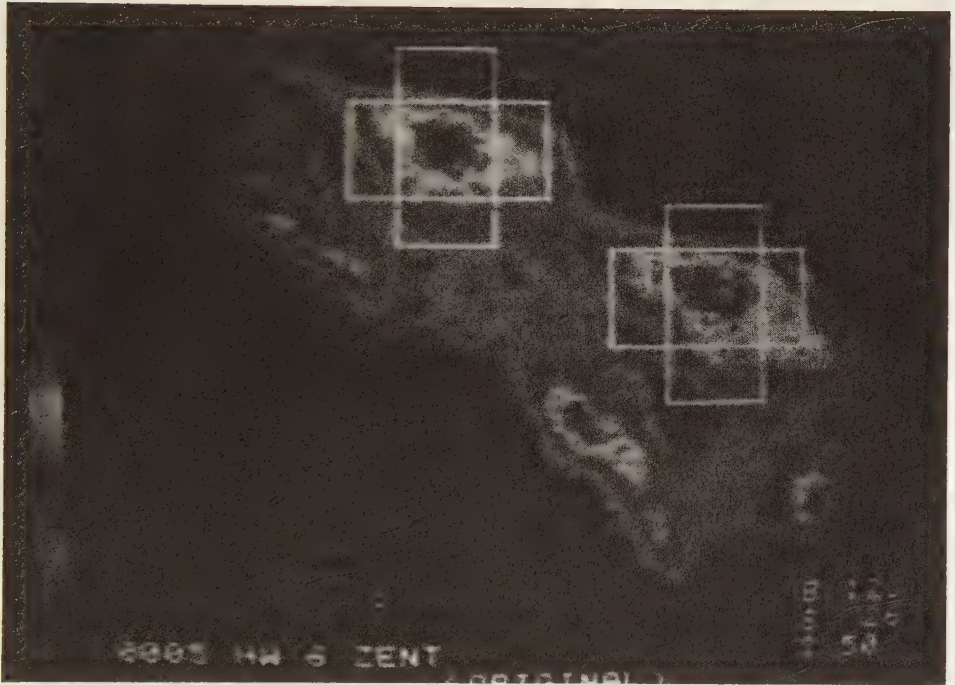


Abbildung 14: In dieser szintigraphischen Aufnahme ist der 6. Halswirbel eines gesunden älteren Pferdes abgebildet. Der 6. Halswirbel ist im Szintigramm leicht wegen der Größe seiner Seitenfortsätze zu unterscheiden. Die Aufnahme wurde mit einem Szintillator, der einen Durchmesser von 24 cm hat aufgenommen. In die Gelenke C 5/C 6 und C 6/C 7 sind senkrecht zueinander stehende ROIs mit dem Zentrum im Bereich der höchsten Aktivität gelegt worden.



Abbildung 15: Abgebildet sind szintigraphisch die Halswirbel 4, 5 und 6. In jedem der kleinen Wirbelgelenke befinden sich die für die quantitative Auswertung wichtigen ROIs. Zentral auf dem vierten Halswirbel liegt das ROI, auf welches die ermittelten Werte über den kleinen Wirbelgelenken bezogen werden. Die Aufnahme wurde mit einer Großfeldkamera angefertigt.

## 1.2.6. Ergebnisse der szintigraphischen Untersuchung

### 1.2.6.1. Ergebnisse der qualitativen Auswertung

Bei der qualitativen Auswertung von Szintigrammen gesunder Pferde, die mit dem größeren Detektorkopf angefertigt worden waren, fiel auf, daß die Aktivität von C 2/C 3 bis C 5/C 6 gering aber konstant abnahm.

C 6/C 7 stellt sich wieder deutlicher dar, wohingegen C 7/Th 1 und auch der erste Brustwirbel im Szintigramm nicht oder nur angedeutet sichtbar waren.

Bei den 55 untersuchten Halswirbelsäulen wurde bei 21 (39,6 %) Pferden eine erhöhte Anreicherung an einem oder mehreren Gelenken festgestellt. Insgesamt konnten 30 Befunde erhoben werden, davon bei 6 Pferden zwei und bei einem Pferd sogar drei Befunde. 18 (60 %) der 30 Befunde wurden bei 14 (73,6 %) erkrankten Pferden gefunden. Zwei der an spinaler Ataxie erkrankten Pferde hatten zwei Befunde. Bei 33 Pferden ohne jegliche Symptomatik einer Erkrankung der Halswirbelsäule wurde in 3 (9,1 %) Fällen ein Befund und in weiteren 3 zwei Befunde erhoben. Das Pferd mit der Beuge- und Streckhemmung hatte drei Befunde. Der Jährling, der nach einem Jahr nachkontrolliert wurde, hatte bei der ersten Untersuchung einen, bei der zweiten jedoch zwei Befunde. Die nachfolgende Tabelle 11 gibt Auskunft wie oft die verschiedenen Gelenke aller untersuchten Halswirbelsäulen betroffen waren:

| C 1/C 2 | C 2/C 3 | C 3/C 4 | C 4/C 5 | C 5/C 6 | C 6/C 7 | C 1/Th 1 |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| 1       | 1       | 1       | 11      | 11      | 3       | 2        |

Tabelle 11

16 (53,3 %) der 30 Befunde wurden an den Wirbelgelenken C 5/C 6, C 6/C 7 und C 7/Th 1 bei 14 Pferden festgestellt, von denen 9 an spinaler Ataxie erkrankt waren.

Die folgende Tabelle 12 gibt Auskunft darüber, daß bei Patienten jeden Alters besonders die Gelenke C 4/C 5 und C 5/C 6 betroffen sind.

Tabelle 12:

| Gelenke  | Alter                  |
|----------|------------------------|
| C 1/C 2  | 2                      |
| C 2/C 3  | 2                      |
| C 3/C 4  | 2                      |
| C 4/C 5  | 1/2/2/4/4/6/7/7/8/9/12 |
| C 5/C 6  | 1/2/2/3/3/4/5/7/7/7/12 |
| C 6/C 7  | 2/7/10                 |
| C 1/Th 1 | 7/10                   |

#### 1.2.6.2. Ergebnisse der quantitativen Auswertung

Bei den 55 untersuchten Halswirbelsäulen wurden insgesamt 22 Anreicherungen bei 16 (30,2 %) Pferden errechnet. 11 (57,9 %) von 19 an spinaler Ataxie erkrankten Pferden waren mit positivem Befund. 5 (14,7 %) der nicht erkrankten Pferde hatten 9 (40,9 %) von 22 Befunden. Drei gesunde und drei erkrankte Pferde hatten zwei Befunde. Die nachfolgende Tabelle 13 gibt Auskunft wie oft die einzelnen Gelenke aller Pferde betroffen waren.

Tabelle 13:

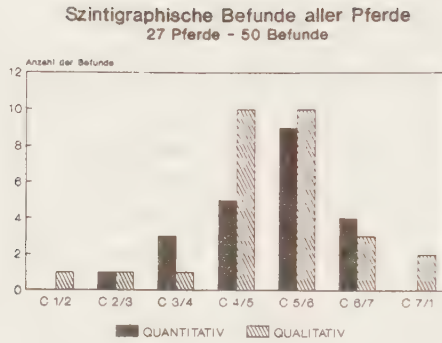
| C 1/C 2 | C 2/C 3 | C 3/C 4 | C 4/C 5 | C 5/C 6 | C 6/C 7 |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0       | 1       | 3       | 5       | 9       | 4       |

An den Wirbelgelenken C 5/C 6 und C 6/C 7 wurde bei elf Pferden 13 mal (59 %) eine erhöhte Anreicherung errechnet. Neun dieser elf Pferde waren an spinaler Ataxie erkrankt. Bei diesen Ergebnissen ist allerdings zu berücksichtigen, daß bei vier Pferden (drei gesund, eines erkrankt) das Gelenk C 6/C 7 nicht auswertbar war, da es im Randbereich des Szintigramms lag.

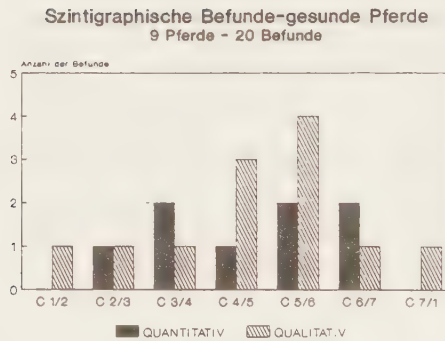
Ein oder mehrere qualitative Befunde wurden bei 22 der 53 Pferden gestellt, quantitativ wurden dahingegen nur 16 Pferde beanstandet. Zehnmal wurde sowohl ein qualitativer, als auch ein rechnerischer Befund festgestellt. Bei elf Pferden wurden zwar qualitative Anreicherungen gesehen, aber keine quantitativen, umgekehrt war dies sechsmal der Fall. Insgesamt deckten sich achtmal der qualitative und quantitativ Befund eines Gelenkes. Neunmal ist ein Gelenk, welches neben einem quantitativ ermittelten liegt, qualitativ positiv befundet worden.

Die Graphiken 6, 7 und 8 verdeutlichen die Lokalisationen aller Pferde, sowie die der gesunden und erkrankten Patienten gesondert.

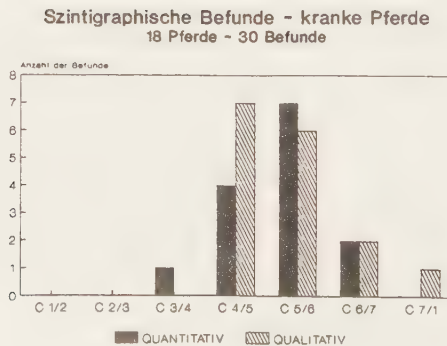
Graphik 6:



Graphik 7:



Graphik 8:



### 1.3. Vergleich der Ergebnisse

#### 1.3.1. Vergleich der klinischen und röntgenologischen Ergebnisse

In der folgenden Aufstellung sind alle Pferde mit spinaler Ataxie nach dem Grad der Erkrankung unterteilt.

#### I. Spinale Ataxie ersten Grades

| Alter und Geschlecht | Szintigraphischer Befund                  |
|----------------------|-------------------------------------------|
| 1-jähriger Hengst    | Subluxation C 3/C 4, Verdacht C 6/C 7     |
| 4-jährige Stute      | A. def. C 1/Th 1                          |
| 4-jähriger Wallach   | r.o.B.                                    |
| 5-jähriger Stute     | r.o.B.                                    |
| 7-jähriger Wallach   | A. def. C 1/Th 1                          |
| 7-jährige Stute      | Verdacht C 6/C 7                          |
| 11-jähriger Hengst   | r.o.B.                                    |
| 12-jähriger Wallach  | Fraktur der kleinen Wirbelgelenke C 5/C 6 |

#### II: Spinale Ataxie zweiten Grades

|                    |                                                               |
|--------------------|---------------------------------------------------------------|
| 1-jähriger Hengst  | Subluxation C 3/C 4, C 4/C 5, C 5/C 6                         |
| 1-jähriger Hengst  | Subluxation C 2/C 3, C 4/C 5                                  |
| 2-jähriger Hengst  | Fraktur der kleinen Wirbelgelenke C 4/C 5<br>Verdacht C 3/C 4 |
| 2-jährige Stute    | Fraktur der kleinen Wirbelgelenke C 5/C 6<br>und C 6/C 7      |
| 3-jähriger Wallach | Verdacht C 6/C 7                                              |
| 3-jährige Stute    | r.o.B.                                                        |
| 4-jähriger Wallach | r.o.B.                                                        |
| 5-jähriger Wallach | A. def. C 5/C 6, C 6/C 7                                      |

## III. Spinale Ataxie dritten Grades

|                    |                                   |
|--------------------|-----------------------------------|
| 2-jähriger Wallach | Subluxation C 2/C 3               |
| 4-jährige Stute    | A. def. C 6/C 7, Verdacht C 5/C 6 |
| 6-jähriger Hengst  | r.o.B.                            |

Die restlichen sieben Patienten mit Röntgenbefund sind nach vorhandenen Symptomen der Halswirbelsäule unterteilt.

## I. Keine Symptome einer Halswirbelsäulenerkrankung

## Alter und Geschlecht      Szintigraphischer Befund

|                     |                                   |
|---------------------|-----------------------------------|
| 3-jährige Stute     | Verdacht C 6/C 7                  |
| 6-jähriger Wallach  | A. def. C 6/C 7                   |
| 7-jährige Stute     | A. def. C 6/C 7                   |
| 7-jähriger Wallach  | Verdacht C 6/C 7                  |
| 8-jähriger Hengst   | A. def. C 2/C 3, Verdacht C 6/C 7 |
| 10-jähriger Wallach | A. def. C 6/C 7, C 1/Th 1         |

## II. Mit Symptomen einer Halswirbelsäulenerkrankung

|                 |                          |
|-----------------|--------------------------|
| 2-jährige Stute | A. def. C 2/C 3, C 3/C 4 |
|-----------------|--------------------------|

Diese 2-jährige Stute ist gesondert zu behandeln. Sie ist nicht in der Lage, den Kopf nach vorwärts-abwärts zu senken. Die craniale Gelenkfläche des Dens besitzt mehrere Einziehungen, der craniale Teil des Processus spinosus des Dens stellt sich schräg abgeflacht und sklerosiert dar. Im Bereich des Gelenkes C 2/C 3 bestehen periartikuläre knöcherne Zubildungen im fortgeschrittenen Stadium, der Gelenkspalt ist nur stellenweise zu erkennen. Das Gelenk C 3/C 4 ist im Sinne einer A. def. verändert.

Bei sechs an spinaler Ataxie erkrankten Pferden konnten keine röntgenologischen Befunde bei zwei weiteren nur der Verdacht auf eine A. def. erhoben werden.

### 1.3.2. Vergleich der röntgenologischen Ergebnisse mit den szintigraphisch qualitativen Ergebnissen

Es wurden insgesamt 32 röntgenologische und 30 szintigraphische Befunde erhoben. 13 mal ist dasselbe Gelenk röntgenologisch und szintigraphisch positiv beurteilt worden. Es handelt sich hierbei um neun Pferden, von denen sieben erkrankt waren.

Tabelle 14:

| Röntgenbefund     | erhöhte Knochenaktivität |
|-------------------|--------------------------|
| 13 mal A. def.    | 6 mal ( 46,1 %)          |
| 8 mal Verdacht    | 2 mal ( 25,0 %)          |
| 4 mal Fraktur     | 4 mal (100,0 %)          |
| 7 mal Subluxation | 1 mal ( 14,3 %)          |

Tabelle 14 gibt Auskunft wie oft welcher röntgenologische Befund auch mit dem szintigraphischen quantitativen übereinstimmt.

### 1.3.3. Vergleich der röntgenologischen Ergebnisse mit den szintigraphisch quantitativen Ergebnissen

Es wurden 22 Befunde an den 55 untersuchten Halswirbelsäulen quantitativ ermittelt. Siebenmal stimmten der röntgenologische und szintigraphische Befund an sechs Pferden, davon bei vier erkrankten überein.

Tabelle 15:

| Röntgenbefund     | Szintigraphiebefund |
|-------------------|---------------------|
| 13 mal A. def.    | 4 mal (30,8 %)      |
| 8 mal Verdacht    | 1 mal (12,5 %)      |
| 4 mal Fraktur     | 2 mal (50,0 %)      |
| 7 mal Subluxation | kein Befund         |

Die Tabelle 15 ist eine Gegenüberstellung von Röntgenbefunden und quantitativen Szintigraphiebefunden derselben Gelenke. Bei der röntgenologisch gestellten Diagnose A. def. wurde nur in einem

Drittel der Fälle szintigraphisch eine erhöhte Anreicherung errechnet und bei dem Verdacht auf eine A. def. nur bei zwölf Prozent. Nur jede zweite Fraktur und keine der Subluxationen waren szintigraphisch quantitativ positiv.

#### 1.3.4. Vergleich der klinischen Ergebnisse mit den szintigraphischen Ergebnissen

Die folgende Aufstellung beinhaltet das qualitative Ergebnis der an spinaler Ataxie erkrankten Pferde, sowie alle mit szintigraphisch optischem Befund und ihrem klinischen Symptome.

##### I. Spinale Ataxie ersten Grades

| Alter und Geschlecht | Szintigraphischer Befund                                                               |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1-jähriger Hengst    | Anreicherung C 4/C 5 (Bei der Wiederholungsuntersuchung Anreicherung C 4/C 5, C 5/C 6) |
| 4-jähriger Wallach   | Anreicherung C 4/C 5                                                                   |
| 4-jährige Stute      | Anreicherung C 4/C 5                                                                   |
| 5-jährige Stute      | keine Anreicherung                                                                     |
| 7-jähriger Wallach   | keine Anreicherung                                                                     |
| 7-jährige Stute      | Anreicherung C 6/C 7                                                                   |
| 11-jähriger Hengst   | keine Anreicherung                                                                     |
| 12-jähriger Wallach  | Anreicherung C 4/C 5, C 5/C 6                                                          |

##### II. Spinale Ataxie zweiten Grades

|                    |                               |
|--------------------|-------------------------------|
| 1-jähriger Hengst  | Anreicherung C 5/C 6          |
| 1-jähriger Hengst  | Anreicherung C 4/C 5          |
| 2-jähriger Hengst  | Anreicherung C 4/C 5          |
| 2-jährige Stute    | Anreicherung C 5/C 6, C 6/C 7 |
| 3-jährige Stute    | keine Anreicherung            |
| 3-jähriger Wallach | Anreicherung C 5/C 6          |
| 4-jähriger Wallach | keine Anreicherung            |
| 5-jähriger Wallach | Anreicherung C 5/C 6          |

### III. Spinale Ataxie dritten Grades

|                    |                       |
|--------------------|-----------------------|
| 2-jähriger Wallach | Anreicherung C 1/Th 1 |
| 4-jährige Stute    | Anreicherung C 5/C 6  |
| 6-jähriger Hengst  | Anreicherung C 4/C 5  |

Die restlichen sieben Patienten sind nach vorhandenen Symptomen der Halswirbelsäule eingeteilt.

#### I. Keine Symptome einer Halswirbelsäulenerkrankung

| Alter und Geschlecht | Szintigraphischer Befund       |
|----------------------|--------------------------------|
| 3-jährige Stute      | Anreicherung C 5/C 6           |
| 5-jähriger Wallach   | Anreicherung C 5/C 6           |
| 7-jähriger Wallach   | Anreicherung C 4/C 5, C 5/C 6  |
| 7-jähriger Wallach   | Anreicherung C 4/C 5, C 5/C 6  |
| 8-jährige Stute      | Anreicherung C 4/C 5           |
| 10-jähriger Wallach  | Anreicherung C 6/C 7, C 1/Th 1 |

#### II. Mit Symptomen einer Halswirbelsäulenerkrankung

|                 |                                        |
|-----------------|----------------------------------------|
| 2-jährige Stute | Anreicherung C 1/C 2, C 2/C 3, C 3/C 4 |
|-----------------|----------------------------------------|

Vier an spinaler Ataxie erkrankte Pferde haben keinen szintigraphisch qualitativen Befund. Sechs nicht erkrankte Pferde sind qualitativ als positiv befundet worden, darunter zwei, die auch röntgenologisch positiv sind.

Die nächste Aufstellung beinhaltet das quantitative Ergebnis der an spinaler Ataxie erkrankten Pferde, sowie alle anderen Pferde mit ihrem szintigraphisch quantitativen Befund und dazugehörigen klinischen Status.

## I. Spinale Ataxie ersten Grades

| Alter und Geschlecht | Szintigraphischer Befund                                                             |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 1-jähriger Hengst    | Anreicherung C 4/C 5, C 5/C 6 (Bei der Wiederholungsuntersuchung keine Anreicherung) |
| 4-jährige Stute      | Anreicherung C 5/C 6, C 6/C 7                                                        |
| 4-jähriger Wallach   | keine Anreicherung                                                                   |
| 5-jährige Stute      | Anreicherung C 4/C 5                                                                 |
| 7-jährige Stute      | keine Anreicherung                                                                   |
| 7-jähriger Wallach   | keine Anreicherung                                                                   |
| 11-jähriger Hengst   | Anreicherung C 5/C 6                                                                 |
| 12-jähriger Wallach  | Anreicherung C 5/C 6                                                                 |

## II. Spinale Ataxie zweiten Grades

|                    |                               |
|--------------------|-------------------------------|
| 1-jähriger Hengst  | keine Anreicherung            |
| 1-jähriger Hengst  | keine Anreicherung            |
| 2-jähriger Hengst  | Anreicherung C 3/C 4          |
| 2-jährige Stute    | Anreicherung C 5/C 6          |
| 3-jähriger Wallach | keine Anreicherung            |
| 3-jährige Stute    | Anreicherung C 5/C 6          |
| 4-jähriger Wallach | Anreicherung C 6/C 7          |
| 5-jähriger Wallach | Anreicherung C 4/C 5, C 5/C 6 |

## III. Spinale Ataxie dritten Grades

|                    |                      |
|--------------------|----------------------|
| 2-jähriger Wallach | keine Anreicherung   |
| 4-jährige Stute    | keine Anreicherung   |
| 6-jähriger Hengst  | Anreicherung C 4/C 5 |

Die restlichen sieben Patienten mit Röntgenbefund sind nach vorhandener Symptomatik der Halswirbelsäule unterteilt.

## I. Keine Symptome einer Halswirbelsäulenerkrankung

| Alter und Geschlecht | Szintigraphischer Befund      |
|----------------------|-------------------------------|
| 3-jährige Stute      | Anreicherung C 4/C 5          |
| 7-jährige Stute      | Anreicherung C 4/C 5          |
| 8-jähriger Hengst    | Anreicherung C 5/C 6, C 6/C 7 |
| 10-jähriger Wallach  | Anreicherung C 5/C 6, C 6/C 7 |

## II. Mit Symptomen einer Halswirbelsäulenerkrankung

|                  |                               |
|------------------|-------------------------------|
| 2-jährigen Stute | Anreicherung C 2/C 3, C 3/C 4 |
|------------------|-------------------------------|

Bei acht (42,1 %) an spinaler Ataxie erkrankten Pferde konnte szintigraphisch quantitativ kein Befund erhoben werden. Bei vier klinisch gesunden Pferden wurde trotzdem quantitativ eine erhöhte Anreicherung nachgewiesen.

### 1.3.5. Vergleich der klinischen, röntgenologischen und szintigraphischen Ergebnisse

Die folgenden Seiten beinhalten die klinischen, röntgenologischen und szintigraphischen Ergebnisse der einzelnen Patienten.

Diagnose: SPINALE ATAXIE / 1.GRAD

Alter: 1

Rasse: Warmblut

Geschlecht: M

Kollimator: LEHR

Szintigraphie in Narkose

Parameter: 4043 Counts

Errechnete Counts

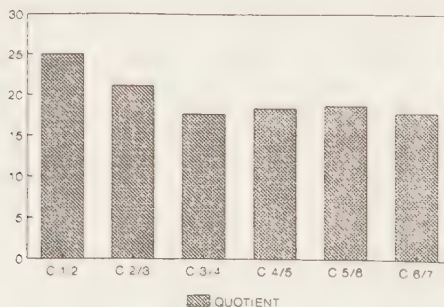
Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                 |       |       |
|-----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 100988 |       | 24,98 |
| C 2/C 3: 85535  | 85169 | 21,11 |
| C 3/C 4: 70309  | 72745 | 17,69 |
| C 4/C 5: 73666  | 74959 | 18,38 |
| C 5/C 6: 73859  | 77613 | 18,73 |
| C 6/C 7: 69598  | 74608 | 17,83 |

Die szintigraphische Untersuchung wurde mit dem kleinen Detektorkopf (25 cm) durchgeführt.

Bei der röntgenologischen Untersuchung wurde eine Subluxation bei C 3/C 4 und der Verdacht auf eine A. def. bei C 6/C 7 diagnostiziert.

Szintigraphisch qualitativ wurde eine Anreicherung bei C 4/C 5 gesehen.



An der Graphik erkennt man, daß die Balken der Gelenke C 4/C 5, C 5/C 6 erhöht sind. Außerdem kommt es zum Überschreiten der Standardwerte.

Bei diesem Pferd bestand die Möglichkeit einer szintigraphischen Nachuntersuchung im Abstand von einem Jahr mit folgendem Ergebnis:

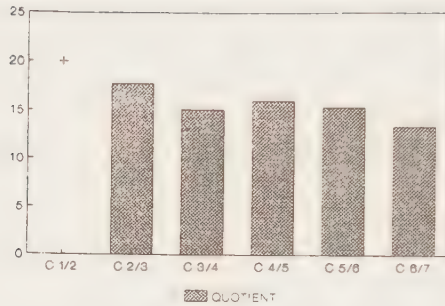
Alter: 2                      Rasse: Warmblut                      Geschlecht: M  
Kollimator: LEHS  
Szintigraphie in Narkose

Parameter: 2938 Counts

| Errechnete Counts         | Quotient aus errechneten<br>Counts und dem Parameter |
|---------------------------|------------------------------------------------------|
| C 1/C 2: 0                | 0,00                                                 |
| C 2/C 3: 51482      52781 | 17,74                                                |
| C 3/C 4: 44100      44934 | 15,15                                                |
| C 4/C 5: 45937      48218 | 16,02                                                |
| C 5/C 6: 43925      46489 | 15,39                                                |
| C 6/C 7: 38551      40164 | 13,40                                                |

Die szintigraphische Untersuchung wurde mit dem großen Detektorkopf (40 cm) durchgeführt.

Qualitativ wurde eine Anreicherung bei C 4/C 5 und C 5/C 6 gesehen.



Der Balken/Quotient bei C 4/C 5 und C 5/C 6 ist nur gering erhöht,  
keine quantitative Anreicherung.

Diagnose: SPINALE ATAXIE / 1.GRAD

Alter: 4 Rasse: Warmblut

Geschlecht: MK

Kollimator: LEHR

Szintigraphie in Narkose

Parameter: 2278 Counts

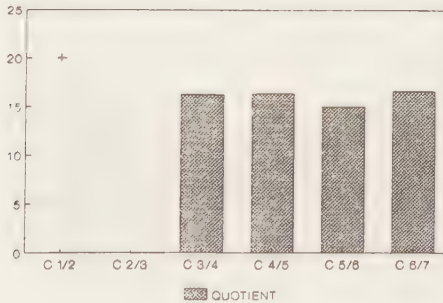
Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|          |       |       |       |
|----------|-------|-------|-------|
| C 1/C 2: | 0     |       | 0,00  |
| C 2/C 3: | 0     | 0     | 0,00  |
| C 3/C 4: | 34877 | 39174 | 16,25 |
| C 4/C 5: | 38539 | 36052 | 16,37 |
| C 5/C 6: | 36543 | 31759 | 14,99 |
| C 6/C 7: | 40889 | 34982 | 16,65 |

Die szintigraphische Untersuchung wurde mit dem kleinen Detektorkopf durchgeführt.

Es wurde lediglich eine Anreicherung bei C 4/C 5 diagnostiziert.



Der Quotient bei C 4/C 5 liegt innerhalb der Norm.

Diagnose: SPINALE ATAXIE / 1.GRAD

Alter: 4 Rasse: Warmblut

Geschlecht: W

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

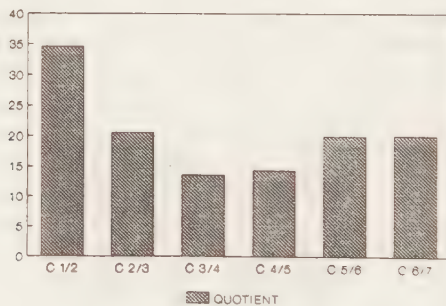
Parameter: 1928 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 66680 |       | 34,59 |
| C 2/C 3: 40881 | 38215 | 20,51 |
| C 3/C 4: 25191 | 27162 | 13,58 |
| C 4/C 5: 26604 | 28706 | 14,34 |
| C 5/C 6: 36986 | 39788 | 19,91 |
| C 6/C 7: 37318 | 40148 | 20,09 |

Röntgenologisch wurde eine A. def. bei C 1/Th 1 festgestellt und szintigraphisch qualitativ eine Anreicherung bei C 4/C 5.



Die Graphik zeigt eine deutliche Anreicherung bei C 5/C 6 und C 6/C 7, das bedeutet, daß die Gelenke eine erhöhte Knochenumbaurate besitzen.

Diagnose: SPINALE ATAXIE / 1.GRAD

Alter: 5 Rasse: Warmblut

Geschlecht: W

Kollimator: LEHR

Szintigraphie in Narkose

Parameter: 4207 Counts

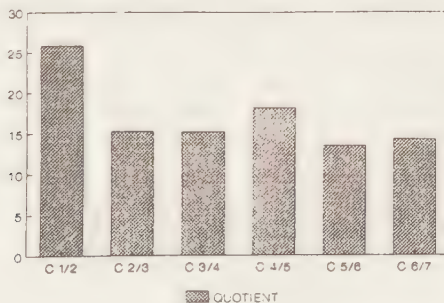
Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                 |       |       |
|-----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 108757 |       | 25,85 |
| C 2/C 3: 68097  | 60345 | 15,27 |
| C 3/C 4: 65999  | 61746 | 15,18 |
| C 4/C 5: 87811  | 64692 | 18,12 |
| C 5/C 6: 53658  | 59712 | 13,47 |
| C 6/C 7: 56574  | 63244 | 14,24 |

Die szintigraphische Untersuchung wurde mit dem kleinen Detektorkopf durchgeführt.

Es wurde weder ein röntgenologischer, noch ein szintigraphisch optischer Befund festgestellt.



Die Graphik zeigt einen eindeutigen Befund bei C 4/C 5.

Diagnose: SPINALE ATAXIE / 1.GRAD

Alter: 7 Rasse: Warmblut

Geschlecht: MK

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

Parameter: 5218 Counts

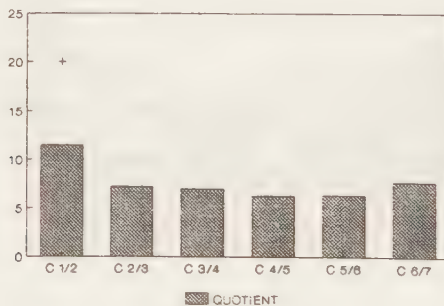
Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 59861 |       | 11,47 |
| C 2/C 3: 36984 | 38520 | 7,23  |
| C 3/C 4: 35276 | 37916 | 7,01  |
| C 4/C 5: 31081 | 34560 | 6,29  |
| C 5/C 6: 32259 | 34102 | 6,36  |
| C 6/C 7: 39112 | 41575 | 7,73  |

Die szintigraphische Untersuchung wurde mit dem kleinen Detektorkopf durchgeführt.

Röntgenologisch wurde eine A. def. bei C 1/Th 1 festgestellt, szintigraphisch qualitativ kein Befund.



Quantitativ kann keine Anreicherung ermittelt werden. Auffallend ist jedoch, daß neben der A. def. bei C 1/Th 1 die Werte des Gelenkes C 6/C 7 gering erhöht sind.

Diagnose: SPINALE ATAXIE / 1.GRAD

Alter: 7

Rasse: Warmblut

Geschlecht: W

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

Parameter: 6764 Counts

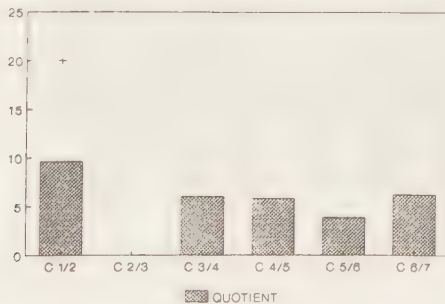
Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|          |       |       |      |
|----------|-------|-------|------|
| C 1/C 2: | 65155 |       | 9,63 |
| C 2/C 3: | 0     | 0     | 0,00 |
| C 3/C 4: | 41036 | 40436 | 6,02 |
| C 4/C 5: | 37465 | 41457 | 5,83 |
| C 5/C 6: | 23570 | 29037 | 3,89 |
| C 6/C 7: | 40256 | 44386 | 6,26 |

Die szintigraphische Untersuchung wurde mit dem kleinen Detektorkopf durchgeführt.

Röntgenologisch wurde der Verdacht auf A. def. und szintigraphisch qualitativ eine Anreicherung bei C 6/C 7 festgestellt.



Die Höhe der einzelnen Balken zueinander bestätigt die oben gestellten Befunde nicht.

Das folgende Pferd wurde in einem Untersuchungsgang mit zwei verschiedenen Kollimatoren szintigraphiert.

Diagnose: SPINALE ATAXIE / 1.GRAD

Alter: 11

Rasse: Araber

Geschlecht: M

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

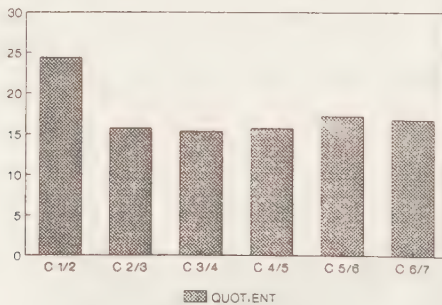
Parameter: 1961 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 47820 |       | 24,39 |
| C 2/C 3: 32603 | 29146 | 15,74 |
| C 3/C 4: 29525 | 30756 | 15,37 |
| C 4/C 5: 31061 | 30727 | 15,75 |
| C 5/C 6: 33809 | 33675 | 17,21 |
| C 6/C 7: 32567 | 33301 | 16,79 |

Röntgenologisch, sowie szintigraphisch qualitativ war dieses Pferd ohne besonderen Befund.



Aus Graphik und Höhe des Quotienten ist eine Anreicherung bei C 5/C 6 erkennbar.

Kollimator: LEHR

Szintigraphie im Stehen

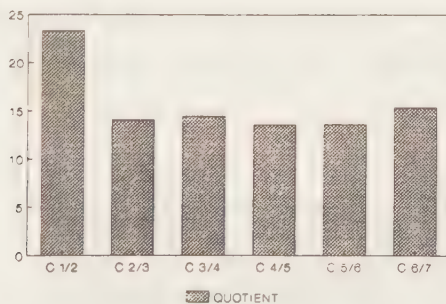
Parameter: 2320 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 54182 |       | 23,35 |
| C 2/C 3: 35043 | 30212 | 14,06 |
| C 3/C 4: 34618 | 32423 | 14,45 |
| C 4/C 5: 30496 | 32431 | 13,56 |
| C 5/C 6: 31356 | 31863 | 13,62 |
| C 6/C 7: 32698 | 38639 | 15,37 |

Bei der Untersuchung mit dem LEHR-Kollimator wurde qualitativ keine Anreicherung festgestellt.



Auch quantitativ kann keine Anreicherung festgestellt werden.

Diagnose: SPINALE ATAXIE / 1.GRAD

Alter: 12

Rasse: Warmblut

Geschlecht: MK

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

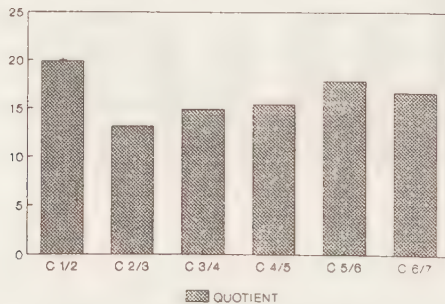
Parameter: 1636 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 32529 |       | 19,88 |
| C 2/C 3: 21775 | 21347 | 13,18 |
| C 3/C 4: 24033 | 24711 | 14,90 |
| C 4/C 5: 24978 | 25551 | 15,44 |
| C 5/C 6: 28238 | 30209 | 17,86 |
| C 6/C 7: 26841 | 27676 | 16,66 |

Röntgenologisch war eine Fraktur bei C 5/C 6 festzustellen, qualitative Anreicherungen wurden bei C 4/C 5 und C 5/C 6 gesehen.



Die Höhe der Balken in der Graphik lassen eine deutliche Anreicherung bei C 5/C 6 erkennen. Dadurch wird der röntgenologische und szintigraphisch qualitative positive Befund an diesem Gelenk bestätigt, nicht jedoch die qualitative Anreicherung bei C 4/C 5. Es scheint, daß in diesem Gelenk noch Umbauvorgänge ablaufen.

Diagnose: SPINALE ATAXIE / 2.GRAD

Alter: 1 Rasse: Warmblut

Geschlecht: M

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

Parameter: 2823 Counts

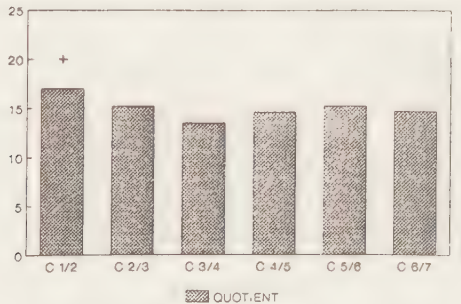
Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 48075 |       | 17,03 |
| C 2/C 3: 43104 | 42704 | 15,20 |
| C 3/C 4: 38659 | 37531 | 13,49 |
| C 4/C 5: 40604 | 41644 | 14,57 |
| C 5/C 6: 41597 | 44134 | 15,18 |
| C 6/C 7: 40098 | 42905 | 14,70 |

Röntgenologisch wurden mittels der funktionellen Röntgenuntersuchung der Halswirbelsäule Subluxationen an den Gelenken C 2/C 3 und C 4/C 5 festgestellt.

Szintigraphisch qualitativ wurde eine Anreicherung bei C 5/C 6 gesehen.



Das Rechenergebnis führt in diesem Fall zu keinem positiven Befund, die Quotienten zeigen jedoch geringe, noch innerhalb der Norm liegende ansteigende Tendenz.

Diagnose: SPINALE ATAXIE / 2.GRAD

Alter: 1 Rasse: Warmblut

Geschlecht: M

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

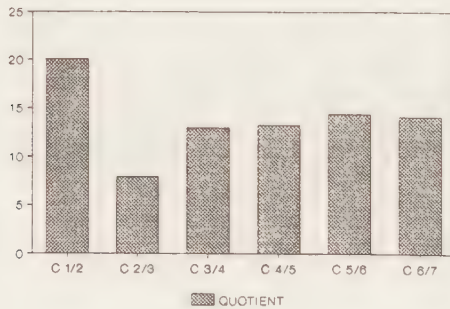
Parameter: 3136 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 62923 |       | 20,06 |
| C 2/C 3: 25923 | 23534 | 7,89  |
| C 3/C 4: 40625 | 40616 | 12,95 |
| C 4/C 5: 42038 | 41027 | 13,24 |
| C 5/C 6: 45067 | 45292 | 14,41 |
| C 6/C 7: 42137 | 46620 | 14,15 |

Röngenologisch wurde mittels der funktionellen Röntgenuntersuchung der Halswirbelsäule eine Subluxation an den Gelenken C 3/C 4, C 4/C 5 und C 5/C 6 festgestellt. Szintigraphisch qualitativ wurde das Gelenk C 4/C 5 beanstandet.



Die Ausgangswerte des Gelenkes C 2/C 3 wurden aus dem selben Szintigramm ermittelt, auf dem auch das Gelenk C 1/C 2 abgebildet ist. Da das Gelenk C 1/C 2 eine sehr hohe Impulszahl enthält, fallen die Werte des darauffolgenden Gelenkes niedriger aus. Die gering ansteigenden Quotienten der Gelenke C 3/C 4, C 4/C 5 und C 5/C 6 sind typisch für die Subluxation. Deshalb ist qualitativ auch das Gelenk C 4/C 5 aufgefallen.

Diagnose: SPINALE ATAXIE / 2.GRAD

Alter: 2

Rasse: Warmblut

Geschlecht: W

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

Parameter: 2486 Counts

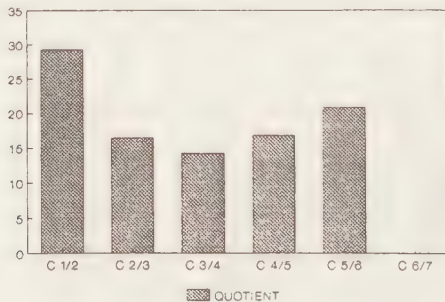
Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 72883 |       | 29,32 |
| C 2/C 3: 38526 | 43152 | 16,43 |
| C 3/C 4: 34791 | 35751 | 14,19 |
| C 4/C 5: 42318 | 41266 | 16,81 |
| C 5/C 6: 53296 | 50286 | 20,83 |
| C 6/C 7: 0     | 0     | 0,00  |

Bei diesem Pferd wurden bei der Röntgenuntersuchung Frakturen der kleinen Wirbelgelenke bei C 5/C 6 und C 6/C 7 gefunden.

Szintigraphisch qualitativ wurden die selben Gelenke positiv befundet.



Quantitativ wird hier das Gelenk C 5/C 6 ermittelt. Das Gelenk C 4/C 5 zeigt nur gering erhöhte Speicherung des Radiopharmakons. Die zum Zeitpunkt der Untersuchung nur gering erhöhte Aktivität bei C 4/C 5 ist durch die älteren Frakturen an den caudal anschließenden Wirbeln zu begründen. Die qualitative Anreicherung wird durch das Rechenergebnis bestätigt.

Diagnose: SPINALE ATAXIE / 2.GRAD

Alter: 2

Rasse: Warmblut

Geschlecht: M

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

Parameter: 2802 Counts

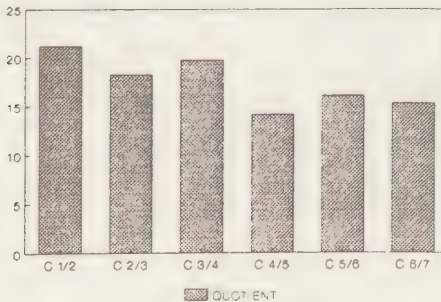
Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 59471 |       | 21,22 |
| C 2/C 3: 49922 | 52402 | 18,26 |
| C 3/C 4: 54167 | 56298 | 19,71 |
| C 4/C 5: 39196 | 39961 | 14,13 |
| C 5/C 6: 46239 | 43902 | 16,09 |
| C 6/C 7: 41431 | 44246 | 15,29 |

Bei der Röntgenuntersuchung wurde bei C 4/C 5 eine Fraktur und bei C 3/C 4 der Verdacht auf A. def. diagnostiziert.

Die Fraktur wird durch das szintigraphisch qualitative positive Ergebnis bestätigt.



Wie anhand der Höhe des Balken und damit des Quotienten ersichtlich ist, kann quantitativ von einer deutlichen Anreicherung bei C 3/C 4 gesprochen werden. Dies bestätigt den röntgenologischen Verdacht einer A. def.. Die Umbauprozesse im Gelenk sind so weit fortgeschritten, daß ein für die szintigraphische Anreicherung röntgenologisches Äquivalent bereits vorhanden ist. Diese Umbauprozesse sind als die Folge der Fraktur anzusehen. Beim Gelenk C 5/C 6 ist momentan nur eine gering erhöhte, noch innerhalb der Standartabweichung liegende Aktivität vorhanden. Auch dieses Speicherverhalten könnte durch die Fraktur induziert sein. Die Fraktur selbst ist qualitativ befundet worden, quantitativ ist hier aber keine erhöhte Speicherung feststellbar. Regenerative und reparative Vorgänge sind zum Stillstand gekommen.

Diagnose: SPINALE ATAXIE / 2.GRAD

Alter: 3

Rasse: Warmblut

Geschlecht: MK

Kollimator: LEHR

Szintigraphie in Narkose

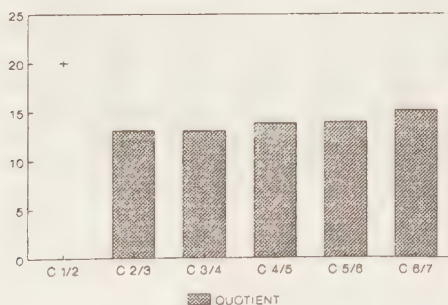
Parameter: 3580 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|          |       |       |
|----------|-------|-------|
| C 1/C 2: | 0     | 0,00  |
| C 2/C 3: | 46322 | 47521 |
|          |       | 13,11 |
| C 3/C 4: | 47719 | 45841 |
|          |       | 13,07 |
| C 4/C 5: | 52397 | 46640 |
|          |       | 13,83 |
| C 5/C 6: | 54689 | 44980 |
|          |       | 13,92 |
| C 6/C 7: | 55760 | 52798 |
|          |       | 15,16 |

Bei der röntgenologischen Untersuchung konnte lediglich der Verdacht auf A. def. bei C 6/C 7 festgestellt werden. Bei der qualitativen Auswertung der Szintigramme ist das Gelenk C 5/C 6 aufgefallen.



Die Graphik anhand der Quotienten zeigt keine pathologischen Veränderungen.

Diagnose: SPINALE ATAXIE / 2.GRAD

Alter: 3 Rasse: Warmblut

Geschlecht: W

Kollimator: LEHR

Szintigraphie in Narkose

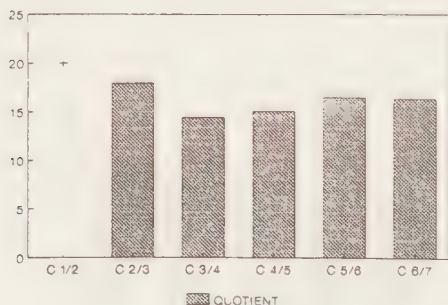
Parameter: 2574 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|          |       |       |
|----------|-------|-------|
| C 1/C 2: | 0     | 0,00  |
| C 2/C 3: | 47412 | 17,95 |
| C 3/C 4: | 34845 | 14,45 |
| C 4/C 5: | 36982 | 15,05 |
| C 5/C 6: | 40109 | 16,50 |
| C 6/C 7: | 39791 | 16,37 |

Röntgenologisch und szintigraphisch qualitativ wurden keine Veränderungen diagnostiziert.



Das Gelenk C 5/C 6 besitzt ein über die Standardwerte hinausreichendes Speicherungsverhalten und wird deshalb quantitativ befundet.

Diagnose: SPINALE ATAXIE / 2.GRAD

Alter: 4

Rasse: Warmblut

Geschlecht: MK

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

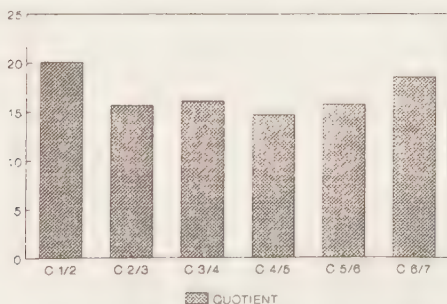
Parameter: 2897 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 58200 |       | 20,09 |
| C 2/C 3: 43810 | 46839 | 15,65 |
| C 3/C 4: 46015 | 47202 | 16,09 |
| C 4/C 5: 43940 | 41146 | 14,69 |
| C 5/C 6: 44829 | 46380 | 15,74 |

Röntgenologisch und szintigraphisch qualitativ wurden keine Befunde erhoben.



Quantitativ kann eine deutliche Anreicherung über die Standardabweichung hinaus am Gelenk C 6/C 7 festgestellt werden. Es scheint sich hier um einen akuten Prozeß zu handeln, der sich röntgenologisch noch nicht manifestiert hat.

Diagnose: SPINALE ATAXIE / 2.GRAD

Alter: 5 Rasse: Warmblut

Geschlecht: MK

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

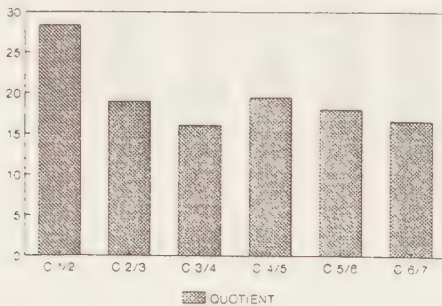
Parameter: 2147 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 60894 |       | 28,36 |
| C 2/C 3: 41185 | 40080 | 18,93 |
| C 3/C 4: 33487 | 35195 | 15,99 |
| C 4/C 5: 40951 | 42472 | 19,43 |
| C 5/C 6: 37416 | 39873 | 18,00 |
| C 6/C 7: 34738 | 36723 | 16,64 |

An den Gelenken C 5/C 6 und C 6/C 7 wurde bei der  
röntgenologischen Untersuchung eine A. def. festgestellt.  
Qualitativ ist nur C 5/C 6 aufgefallen.



Durch das Rechenergebnis wurden die Gelenke C 4/C 5 und C 5/C 6 diagnostiziert. Diese Anreicherungen scheinen, wie bei einigen zuvor besprochenen Patienten durch die Arthrosen an den folgenden Gelenken begründet. Da bei der qualitativen Auswertung meist nur zwei oder drei benachbarte Gelenke miteinander vergleichbar sind, wurde in diesem Fall nur das deutlicher erscheinende Gelenk beanstandet. Das benachbarte Gelenk mit ebenfalls erhöhter Speicherung des Radiopharmakons wurde übersehen.

Diagnose: SPINALE ATAXIE / 3.GRAD

Alter: 2 Rasse: Warmblut

Geschlecht: MK

Kollimator: LEHR

Szintigraphie in Narkose

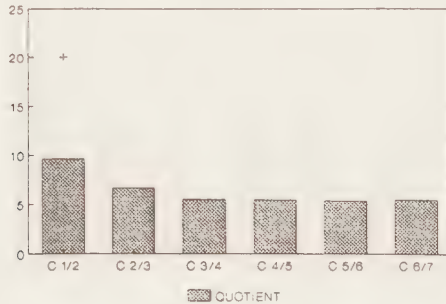
Parameter: 11634 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|          |                  |      |
|----------|------------------|------|
| C 1/C 2: | 112327           | 9,66 |
| C 2/C 3: | 78236      77622 | 6,70 |
| C 3/C 4: | 63014      64943 | 5,50 |
| C 4/C 5: | 60744      66220 | 5,46 |
| C 5/C 6: | 59148      66367 | 5,39 |
| C 6/C 7: | 60809      67895 | 5,53 |

Röntgenologisch war hier eine hochgradige Subluxation bei C 2/C 3 nachweisbar. Außerdem wurde bei C 1/Th 1 szintigraphisch qualitativ eine Anreicherung gesehen.



Es kann keine abnorme Speicherung festgestellt werden.

Diagnose: SPINALE ATAXIE / 3.GRAD

Alter: 4 Rasse: Warmblut

Geschlecht: W

Kollimator: LEHR

Szintigraphie in Narkose

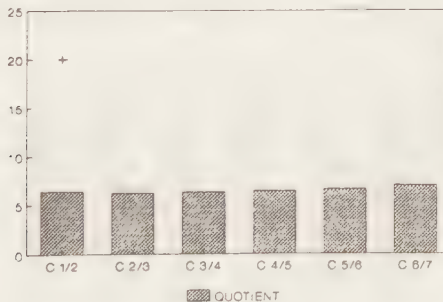
Parameter: 10789 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |      |
|----------------|-------|------|
| C 1/C 2: 69145 |       | 6,41 |
| C 2/C 3: 69280 | 65320 | 6,24 |
| C 3/C 4: 65336 | 71211 | 6,33 |
| C 4/C 5: 67557 | 70545 | 6,40 |
| C 5/C 6: 64067 | 78627 | 6,61 |
| C 6/C 7: 70803 | 80003 | 6,99 |

Es liegt eine A. def. am Gelenk C 6/C 7 und der Verdacht auf eine A. def. vor. Am Gelenk C 5/C 6 wurde szintigraphisch qualitativ eine Anreicherung diagnostiziert.



Quantitativ kann kein verändertes Speicherungsverhalten festgestellt werden.

Diagnose: SPINALE ATAXIE / 3.GRAD

Alter: 6 Rasse: Vollblut

Geschlecht: M

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

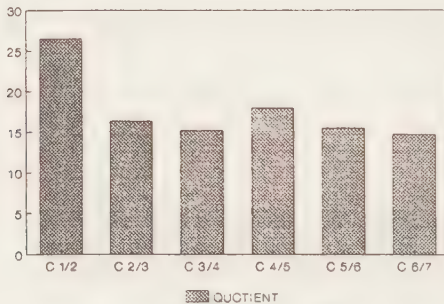
Parameter: 2228 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 59029 |       | 26,49 |
| C 2/C 3: 38500 | 34410 | 16,36 |
| C 3/C 4: 33194 | 34463 | 15,18 |
| C 4/C 5: 37716 | 42415 | 17,98 |
| C 5/C 6: 32635 | 36392 | 15,49 |
| C 6/C 7: 31250 | 34411 | 14,74 |

Die röntgenologische Untersuchung kam zu keinem besonderen Ergebnis, die szintigraphisch qualitative jedoch zu einer Anreicherung bei C 4/C 5.



Anhand der Graphik erkennt man eine deutliche Anreicherung bei C 4/C 5. Das quantitative unterstützt das qualitative Ergebnis.

## KEINE SPINALE ATAXIE

Alter: 2

Rasse: Traber

Geschlecht: W

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

Parameter: 2404 Counts

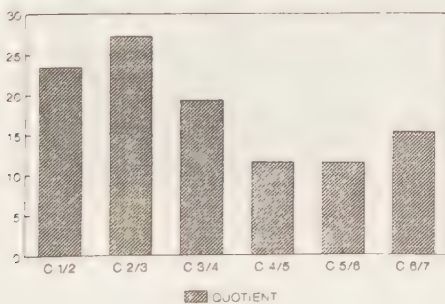
Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 77981 |       | 32,44 |
| C 2/C 3: 65674 | 65187 | 27,22 |
| C 3/C 4: 48474 | 44312 | 19,30 |
| C 4/C 5: 30017 | 25430 | 11,53 |
| C 5/C 6: 30034 | 25050 | 11,46 |
| C 6/C 7: 38108 | 35380 | 15,28 |

Klinisch ist dieses Pferd nicht in der Lage den Hals im vorderen Abschnitt abzubeugen.

Röntgenologisch besteht eine A. def. im fortgeschrittenen Stadium bei C 1/C 2, C 2/C 3 und C 3/C 4. Szintigraphisch qualitativ wird ebenfalls an diesen Gelenken eine Anreicherung gesehen.



Das quantitative Ergebnis bestätigt die qualitativen Befunde an den Gelenken C 2/C 3 und C 3/C 4 deutlich. Die Anreicherung bei C 1/C 2 kann quantitativ nicht nachvollzogen werden.

## KEINE SPINALE ATAXIE

Alter: 3

Rasse: Warmblut

Geschlecht: W

Kollimator: LEHR

Szintigraphie in Narkose

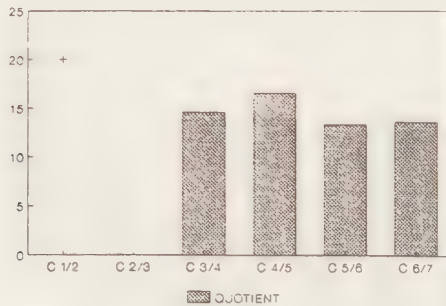
Parameter: 2666 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|          |       |       |       |
|----------|-------|-------|-------|
| C 1/C 2: | 0     |       | 0,00  |
| C 2/C 3: | 0     | 0     | 0,00  |
| C 3/C 4: | 37382 | 40454 | 14,60 |
| C 4/C 5: | 42588 | 45603 | 16,54 |
| C 5/C 6: | 38187 | 32904 | 13,33 |
| C 6/C 7: | 40350 | 32308 | 13,63 |

Der Verdacht auf eine A. def. wurde am Gelenk C 6/C 7 geäußert. Szintigraphisch qualitativ liegt eine Anreicherung bei C 5/C 6 vor.



In der Graphik sieht man einen deutlich erhöhten Balken bei C 4/C 5, dies bedeutet eine quantitativ ermittelte Anreicherung. Die szintigraphisch qualitativen und röntgenologischen Befunde werden nicht bestätigt.

## KEINE SPINALE ATAXIE

Alter: 6

Rasse: Warmblut

Geschlecht: MK

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

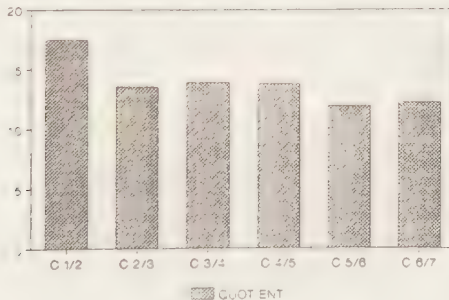
Parameter: 2820 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 49325 |       | 17,49 |
| C 2/C 3: 38551 | 37899 | 13,55 |
| C 3/C 4: 38205 | 40105 | 13,88 |
| C 4/C 5: 37451 | 40175 | 13,76 |
| C 5/C 6: 32334 | 34658 | 11,88 |
| C 6/C 7: 32453 | 36344 | 12,20 |

Das Pferd hat eine A. def. am Gelenk C 6/C 7. Es wurde kein szintigraphisch optischer Befund festgestellt.



Alle Werte liegen innerhalb der Norm, es liegt keine Anreicherung vor.

## KEINE SPINALE ATAXIE

Alter: 7 Rasse: Vollblut

Geschlecht: MK

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

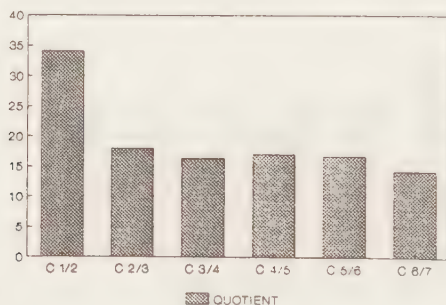
Parameter: 2168 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 73841 |       | 34,06 |
| C 2/C 3: 38014 | 39860 | 17,96 |
| C 3/C 4: 34688 | 36060 | 16,32 |
| C 4/C 5: 37056 | 36700 | 17,01 |
| C 5/C 6: 34550 | 37702 | 16,66 |
| C 6/C 7: 28596 | 33000 | 14,21 |

Bei C 6/C 7 wurde ein Verdacht auf A. def. gestellt,  
szintigraphisch qualitativ lagen keine Befunde vor.



Alle Quotienten liegen innerhalb der Standardabweichung, es besteht keine Anreicherung.

## KEINE SPINALE ATAXIE

Alter: 8

Rasse: Warmblut

Geschlecht: M

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

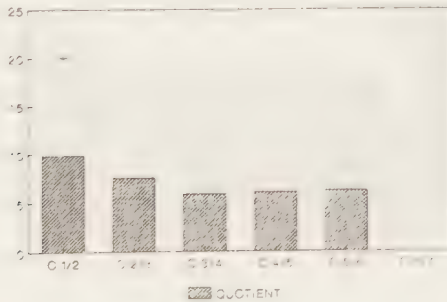
Parameter: 5463 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|          |       |       |      |
|----------|-------|-------|------|
| C 1/C 2: | 53698 |       | 9,83 |
| C 2/C 3: | 40207 | 41822 | 7,51 |
| C 3/C 4: | 29423 | 34461 | 5,85 |
| C 4/C 5: | 32504 | 33626 | 6,05 |
| C 5/C 6: | 32573 | 35462 | 6,23 |
| C 6/C 7: | 0     | 0     | 0,00 |

Bei diesem Pferd wurde röntgenologisch eine A. def. an den Gelenken C 2/C 3 und C 6/C 7 diagnostiziert. Szintigraphisch qualitativ konnten keine Befunde erhoben werden.



Die Quotienten zeigen keinerlei Abweichung von den Normalwerten, keine erhöhte Anreicherung. Die Umbauvorgänge, die zu den arthrotischen Veränderungen führten sind zum Stillstand gekommen.

## KEINE SPINALE ATAXIE

Alter: 8 Rasse: Warmblut

Geschlecht: M

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

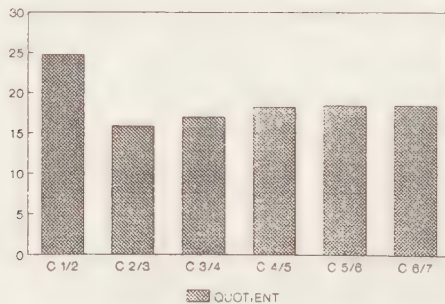
Parameter: 1481 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 36651 |       | 24,75 |
| C 2/C 3: 24229 | 22693 | 15,84 |
| C 3/C 4: 24843 | 25449 | 16,98 |
| C 4/C 5: 26467 | 27553 | 18,24 |
| C 5/C 6: 26466 | 28448 | 18,54 |
| C 6/C 7: 26628 | 28035 | 18,45 |

Das Pferd hat weder röntgenologische, noch szintigraphisch qualitative Befunde.



Quantitative Befunde werden an den Gelenken C 4/C 5 und C 5/C 6 erhoben, da dieses Pferd insgesamt das Radiopharmakon vermehrt speichert. Der Wert der Gelenke C 4/C 5 und C 5/C 6 ist annähernd gleich groß, wie der des Gelenkes C 6/C 7. Bei einem Pferd mit normalem Speicherungsmuster, müssten diese Werte niedriger liegen. Es handelt sich um das einzige klinisch und röntgenologisch gesunde Pferd, welches szintigraphisch quantitativ positiv befundet wurde.

## KEINE SPINALE ATAXIE

Alter: 5

Rasse: Warmblut

Geschlecht: MK

Kollimator: LEHR

Szintigraphie in Narkose

Parameter: 4421 Counts

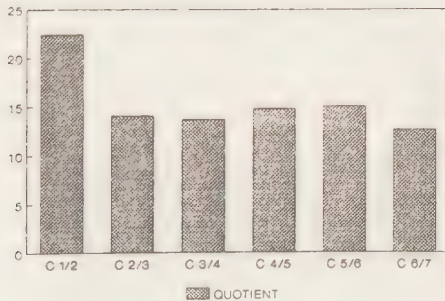
Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 99008 |       | 22,39 |
| C 2/C 3: 63277 | 61203 | 14,08 |
| C 3/C 4: 57190 | 63551 | 13,66 |
| C 4/C 5: 63746 | 66925 | 14,78 |
| C 5/C 6: 64146 | 68500 | 15,00 |
| C 6/C 7: 54074 | 57750 | 12,65 |

Es liegen röntgenologisch keine besonderen Befunde vor.

Szintigraphisch qualitativ wurde das Gelenk C 5/C 6 beanstandet.



Quantitativ kann kein Gelenk beanstandet werden. Der qualitative Befund wird nicht bestätigt.

## KEINE SPINALE ATAXIE

Alter: 7 Rasse: Warmblut

Geschlecht: MK

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

Parameter: 2187 Counts

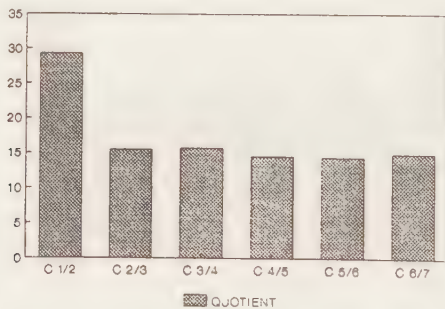
Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 64068 |       | 29,29 |
| C 2/C 3: 34955 | 32470 | 15,41 |
| C 3/C 4: 34646 | 33669 | 15,62 |
| C 4/C 5: 32219 | 31074 | 14,47 |
| C 5/C 6: 30923 | 31898 | 14,36 |
| C 6/C 7: 32231 | 32685 | 14,84 |

Es liegen röntgenologisch keine besonderen Befunde vor.

Szintigraphisch qualitativ wurden die Gelenke C 4/C 5 und C 5/C 6 beanstandet.



Es liegt kein erhöhtes Speicherungsverhalten an den Gelenken und damit keine Anreicherung vor. Die szintigraphisch qualitativen Befunde werden nicht bestätigt.

## KEINE SPINALE ATAXIE

Alter: 7

Rasse: Waemblut

Geschlecht: MK

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

Parameter: 5880 Counts

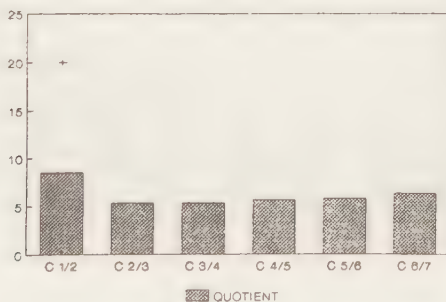
Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |      |
|----------------|-------|------|
| C 1/C 2: 50245 |       | 8,55 |
| C 2/C 3: 32161 | 30642 | 5,34 |
| C 3/C 4: 32074 | 30594 | 5,33 |
| C 4/C 5: 33535 | 33068 | 5,66 |
| C 5/C 6: 31399 | 37093 | 5,82 |
| C 6/C 7: 35924 | 38779 | 6,35 |

Es liegen röntgenologisch keine besonderen Befunde vor.

Szintigraphisch qualitativ wurden die Gelenke C 4/C 5 und C 5/C 6 beanstandet.



Die Quotienten der Gelenke C 4/C 5 und C 5/C 6 liegen gering höher als die des Gelenkes C 3/C 4, dennoch kann auf keinen Fall von einer quantitativen Anreicherung gesprochen werden. Das qualitative Ergebnis wird nicht bestätigt.

## KEINE SPINALE ATAXIE

Alter: 8 Rasse: Warmblut

Geschlecht: W

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

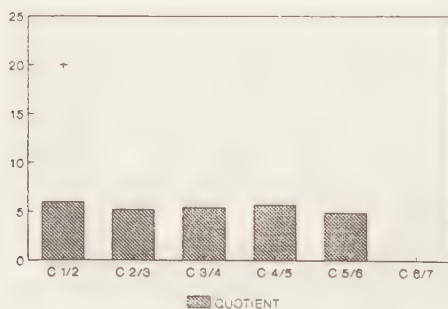
Parameter: 6642 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|          |       |       |      |
|----------|-------|-------|------|
| C 1/C 2: | 39819 |       | 6,00 |
| C 2/C 3: | 35546 | 33775 | 5,22 |
| C 3/C 4: | 32302 | 39165 | 5,38 |
| C 4/C 5: | 35244 | 40268 | 5,68 |
| C 5/C 6: | 32151 | 32701 | 4,88 |
| C 6/C 7: | 0     | 0     | 0,00 |

Es liegen röntgenologisch keine besonderen Befunde vor. Das Gelenk C 4/C 5 wurde szintigraphisch qualitativ befundet.



Aus den errechneten Gelenken wird ersichtlich, daß kein verändertes Speicherungsmuster innerhalb der Halswirbelsäule besteht. Es liegt kein rechnerischer Befund vor. Das qualitative Ergebnis wird, auch wenn der Quotient des Gelenkes C 4/C 5 höher als die Quotienten der benachbarten Gelenke ist, nicht bestätigt.

## KEINE SPINALE ATAXIE

Alter: 7

Rasse: Warmblut

Geschlecht: W

Kollimator: LEHS

Szintigraphie in Narkose

Parameter: 1896 Counts

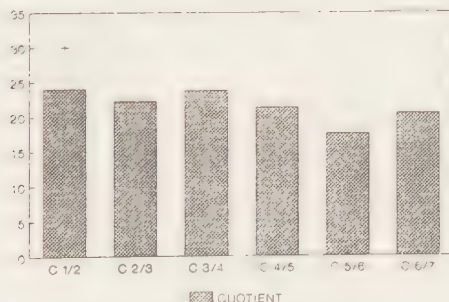
Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 45509 |       | 24,00 |
| C 2/C 3: 45509 | 38901 | 22,26 |
| C 3/C 4: 45139 | 44765 | 23,71 |
| C 4/C 5: 40709 | 39820 | 21,24 |
| C 5/C 6: 32140 | 34076 | 17,46 |
| C 6/C 7: 36933 | 40436 | 20,40 |

Röntgenologisch wurde eine A. def. bei C 6/C 7 befundet.

Szintigraphisch qualitativ war kein Gelenk verändert.



Bei dem Pferd wurde das Gelenk C 3/C 4 quantitativ diagnostiziert. Das Pferd besitzt ein allgemein erhöhtes Speicherungsverhalten an den kleinen Wirbelgelenken, der Quotient von C 3/C 4 ist aber gegenüber den anderen Gelenken dennoch erhöht.

## KEINE SPINALE ATAXIE

Alter: 10 Rasse: Warmblut

Geschlecht: MK

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

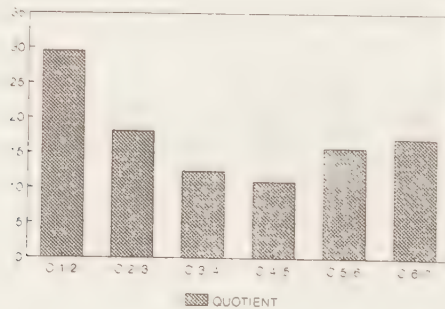
Parameter: 2340 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 69171 |       | 29,56 |
| C 2/C 3: 43396 | 41328 | 18,10 |
| C 3/C 4: 30028 | 28026 | 12,40 |
| C 4/C 5: 25816 | 25330 | 10,93 |
| C 5/C 6: 36260 | 37394 | 15,74 |
| C 6/C 7: 39369 | 40783 | 17,13 |

Röntgenologisch wurden Arthrosen an den Gelenken C 6/C 7 und C 1/Th 1 festgestellt. An diesen Gelenken wurden auch szintigraphisch qualitative Befunde erhoben.



Anhand der Graphik wird deutlich, daß die Quotienten bei C 5/C 6 und C 6/C 7 erhöht sind. Soweit möglich bestätigt das quantitative Ergebnis das szintigraphisch qualitative. Am Gelenk C 5/C 6 sind erhöhte Umbauvorgänge vorhanden. Röntgenologisch haben sie sich nicht, oder noch nicht manifestiert.

## KEINE SPINALE ATAXIE

Alter: 1

Rasse: Warmblut

Geschlecht: M

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

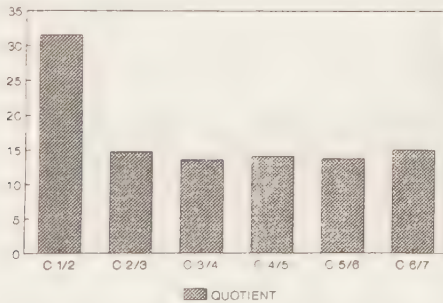
Parameter: 2855 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 89992 |       | 31,52 |
| C 2/C 3: 45342 | 38953 | 14,76 |
| C 3/C 4: 39450 | 38090 | 13,58 |
| C 4/C 5: 40965 | 39253 | 14,05 |
| C 5/C 6: 38302 | 40311 | 13,77 |
| C 6/C 7: 40937 | 45178 | 15,08 |

Das Pferd hat röntgenologisch und szintigraphisch qualitativ keine besonderen Befunde.



Quantitativ lässt sich keine vermehrte Anreicherung nachweisen.

## KEINE SPINALE ATAXIE

Alter: 1 Rasse: Araber

Geschlecht: W

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

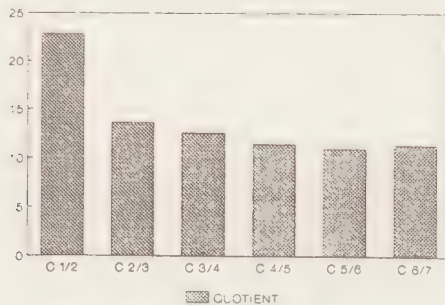
Parameter: 3099 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 70682 |       | 22,81 |
| C 2/C 3: 45487 | 39013 | 13,63 |
| C 3/C 4: 40907 | 36849 | 12,55 |
| C 4/C 5: 36865 | 33996 | 11,43 |
| C 5/C 6: 33990 | 34151 | 10,99 |
| C 6/C 7: 33662 | 36925 | 11,39 |

Das Pferd hat röntgenologisch und szintigraphisch qualitativ keine besonderen Befunde.



Quantitativ lässt sich keine vermehrte Anreicherung nachweisen.

## KEINE SPINALE ATAXIE

Alter: 2

Rasse: Traber

Geschlecht: M

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

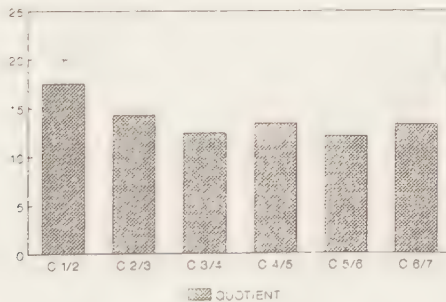
Parameter: 2974 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 52114 |       | 17,52 |
| C 2/C 3: 43297 | 41655 | 14,28 |
| C 3/C 4: 34319 | 39657 | 12,44 |
| C 4/C 5: 39174 | 40375 | 13,37 |
| C 5/C 6: 37959 | 34027 | 12,10 |
| C 6/C 7: 40106 | 38991 | 13,30 |

Das Pferd hat röntgenologisch und szintigraphisch qualitativ keine besonderen Befunde.



Quantitativ lässt sich keine vermehrte Anreicherung nachweisen.

## KEINE SPINALE ATAXIE

Alter: 3 Rasse: Traber

Geschlecht: M

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

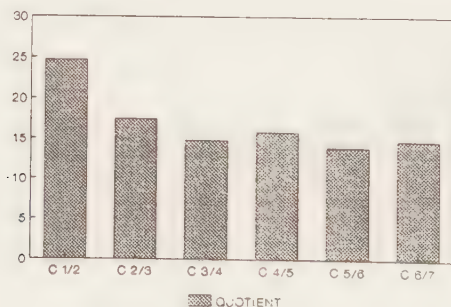
Parameter: 2530 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 62455 |       | 24,69 |
| C 2/C 3: 44078 | 44247 | 17,46 |
| C 3/C 4: 36997 | 37719 | 14,77 |
| C 4/C 5: 37643 | 42665 | 15,87 |
| C 5/C 6: 33981 | 36620 | 13,95 |
| C 6/C 7: 35669 | 39049 | 14,77 |

Das Pferd hat röntgenologisch und szintigraphisch qualitativ keine besonderen Befunde.



Quantitativ lässt sich keine vermehrte Anreicherung nachweisen.

## KEINE SPINALE ATAXIE

Alter: 4

Rasse: Traber

Geschlecht: W

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

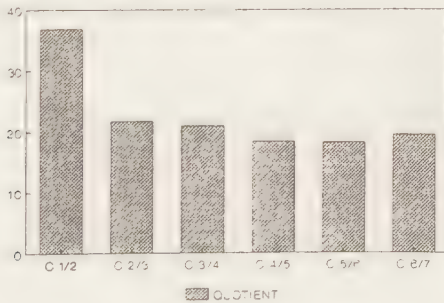
Parameter: 1760 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 64843 |       | 36,84 |
| C 2/C 3: 39444 | 37050 | 21,73 |
| C 3/C 4: 37407 | 36554 | 21,01 |
| C 4/C 5: 32043 | 32696 | 18,39 |
| C 5/C 6: 31086 | 33009 | 18,21 |
| C 6/C 7: 33887 | 34832 | 19,52 |

Das Pferd hat röntgenologisch und szintigraphisch qualitativ keine besonderen Befunde.



Quantitativ lässt sich keine vermehrte Anreicherung nachweisen.

## KEINE SPINALE ATAXIE

Alter: 4

Rasse: Warmblut

Geschlecht: M

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

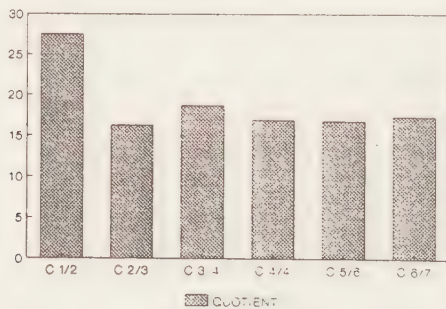
Parameter: 2691 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|          |       |       |       |
|----------|-------|-------|-------|
| C 1/C 2: | 73959 |       | 27,48 |
| C 2/C 3: | 47079 | 40147 | 16,21 |
| C 3/C 4: | 50895 | 49774 | 18,70 |
| C 4/C 5: | 45873 | 45080 | 16,90 |
| C 5/C 6: | 45328 | 45020 | 16,79 |
| C 6/C 7: | 45602 | 47855 | 17,36 |

Das Pferd hat röntgenologisch und szintigraphisch qualitativ keine besonderen Befunde.



Quantitativ lässt sich keine vermehrte Anreicherung nachweisen.

## KEINE SPINALE ATAXIE

Alter: 4

Rasse: Traber

Geschlecht: M

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

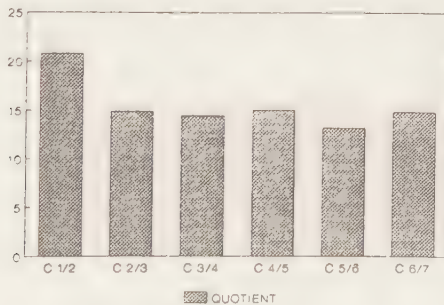
Parameter: 2188 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 45541 |       | 20,81 |
| C 2/C 3: 34813 | 30292 | 14,88 |
| C 3/C 4: 32555 | 30694 | 14,45 |
| C 4/C 5: 32732 | 33001 | 15,02 |
| C 5/C 6: 27483 | 30250 | 13,19 |
| C 6/C 7: 30530 | 34511 | 14,86 |

Das Pferd hat röntgenologisch und szintigraphisch qualitativ keine besonderen Befunde.



Quantitativ lässt sich keine vermehrte Anreicherung nachweisen.

## KEINE SPINALE ATAXIE

Alter: 4

Rasse: Traber

Geschlecht: W

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

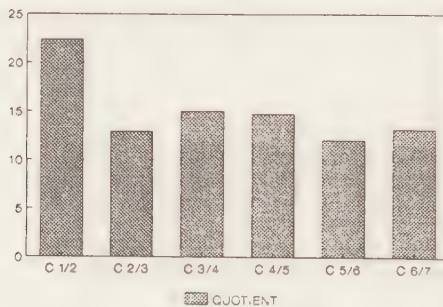
Parameter: 2647 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 59181 |       | 22,36 |
| C 2/C 3: 34970 | 33469 | 12,93 |
| C 3/C 4: 37861 | 41734 | 15,03 |
| C 4/C 5: 37954 | 40094 | 14,74 |
| C 5/C 6: 30911 | 32911 | 12,06 |
| C 6/C 7: 34102 | 35885 | 13,22 |

Das Pferd hat röntgenologisch und szintigraphisch qualitativ keine besonderen Befunde.



Quantitativ lässt sich keine vermehrte Anreicherung nachweisen.

## KEINE SPINALE ATAXIE

Alter: 5

Rasse: Warmblut

Geschlecht: M

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

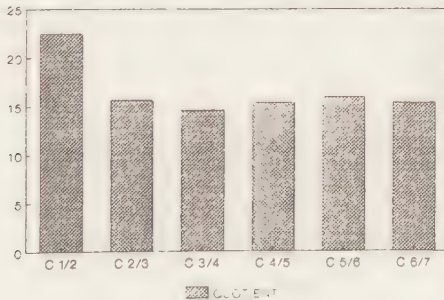
Parameter: 1246 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 27969 |       | 22,45 |
| C 2/C 3: 21035 | 17994 | 15,66 |
| C 3/C 4: 18495 | 17873 | 14,59 |
| C 4/C 5: 19485 | 18797 | 15,36 |
| C 5/C 6: 19876 | 19957 | 15,98 |
| C 6/C 7: 18943 | 19410 | 15,39 |

Das Pferd hat röntgenologisch und szintigraphisch qualitativ keine besonderen Befunde.



Quantitativ lässt sich keine vermehrte Anreicherung nachweisen.

## KEINE SPINALE ATAXIE

Alter: 6

Rasse: Warmblut

Geschlecht: W

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

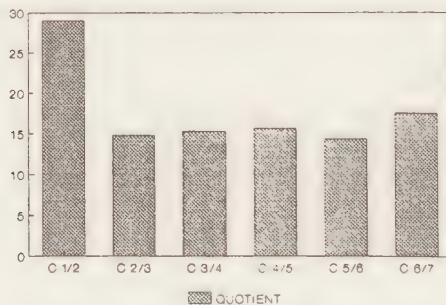
Parameter: 2290 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 66432 |       | 29,01 |
| C 2/C 3: 35495 | 32137 | 14,77 |
| C 3/C 4: 35601 | 34381 | 15,28 |
| C 4/C 5: 36053 | 35543 | 15,63 |
| C 5/C 6: 31946 | 33876 | 14,37 |
| C 6/C 7: 39515 | 40666 | 17,51 |

Das Pferd hat röntgenologisch und szintigraphisch qualitativ keine besonderen Befunde.



Quantitativ lässt sich keine vermehrte Anreicherung nachweisen.

## KEINE SPINALE ATAXIE

Alter: 6

Rasse: Warmblut

Geschlecht: MK

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

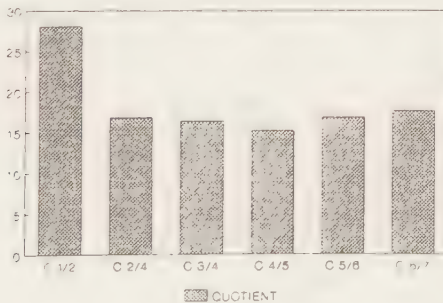
Parameter: 2218 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 62275 |       | 28,08 |
| C 2/C 3: 38404 | 36293 | 16,84 |
| C 3/C 4: 35111 | 37610 | 16,39 |
| C 4/C 5: 32463 | 34802 | 15,16 |
| C 5/C 6: 36787 | 37967 | 16,85 |
| C 6/C 7: 39266 | 40219 | 17,92 |

Das Pferd hat röntgenologisch und szintigraphisch qualitativ keine besonderen Befunde.



Quantitativ lässt sich keine vermehrte Anreicherung nachweisen.

## KEINE SPINALE ATAXIE

Alter: 6

Rasse: Warmblut

Geschlecht: MK

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

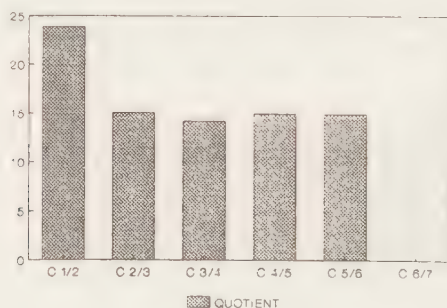
Parameter: 2055 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|          |       |       |       |
|----------|-------|-------|-------|
| C 1/C 2: | 49072 |       | 23,88 |
| C 2/C 3: | 29681 | 32249 | 15,07 |
| C 3/C 4: | 27322 | 30904 | 14,17 |
| C 4/C 5: | 29115 | 32329 | 14,95 |
| C 5/C 6: | 29563 | 31958 | 14,97 |
| C 6/C 7: | 0     | 0     | 0,00  |

Das Pferd hat röntgenologisch und szintigraphisch qualitativ keine besonderen Befunde.



Quantitativ lässt sich keine vermehrte Anreicherung nachweisen.

## KEINE SPINALE ATAXIE

Alter: 7 Rasse: Warmblut

Geschlecht: W

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

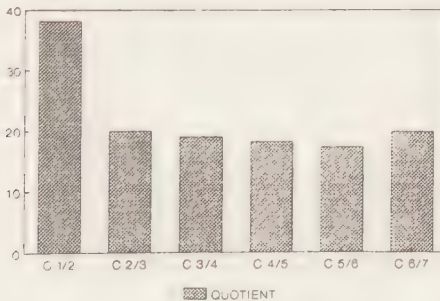
Parameter: 1874 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 71494 |       | 38,15 |
| C 2/C 3: 37297 | 37432 | 19,94 |
| C 3/C 4: 34483 | 36685 | 18,99 |
| C 4/C 5: 33079 | 34930 | 18,15 |
| C 5/C 6: 31491 | 33256 | 17,28 |
| C 6/C 7: 35364 | 38759 | 19,78 |

Das Pferd hat röntgenologisch und szintigraphisch qualitativ keine besonderen Befunde.



Quantitativ lässt sich keine vermehrte Anreicherung nachweisen.

## KEINE SPINALE ATAXIE

Alter: 7

Rasse: Warmblut

Geschlecht: M

Kollimator: LEHR

Szintigraphie in Narkose

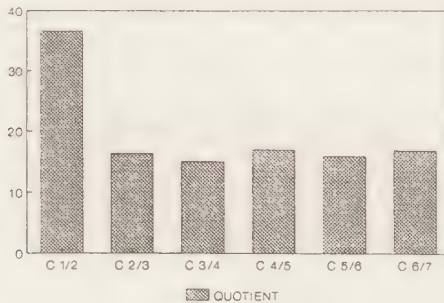
Parameter: 3860 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                 |       |       |
|-----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 141252 |       | 36,59 |
| C 2/C 3: 62946  | 62719 | 16,28 |
| C 3/C 4: 50502  | 65109 | 14,98 |
| C 4/C 5: 61648  | 68820 | 16,90 |
| C 5/C 6: 56272  | 66184 | 15,86 |
| C 6/C 7: 60820  | 69148 | 16,84 |

Das Pferd hat röntgenologisch und szintigraphisch qualitativ keine besonderen Befunde.



Quantitativ lässt sich keine vermehrte Anreicherung nachweisen.

## KEINE SPINALE ATAXIE

Alter: 8

Rasse: Traber

Geschlecht: M

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

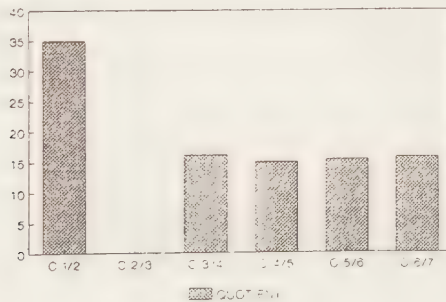
Parameter: 1162 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|          |       |       |       |
|----------|-------|-------|-------|
| C 1/C 2: | 40551 |       | 34,90 |
| C 2/C 3: | 0     | 0     | 0,00  |
| C 3/C 4: | 18117 | 19256 | 16,08 |
| C 4/C 5: | 17335 | 17324 | 14,91 |
| C 5/C 6: | 17554 | 18156 | 15,37 |
| C 6/C 7: | 17622 | 18883 | 15,71 |

Das Pferd hat röntgenologisch und szintigraphisch qualitativ keine besonderen Befunde.



Quantitativ lässt sich keine vermehrte Anreicherung nachweisen.

## KEINE SPINALE ATAXIE

Alter: 9

Rasse: Warmblut

Geschlecht: MK

Kollimator: LEHR

Szintigraphie in Narkose

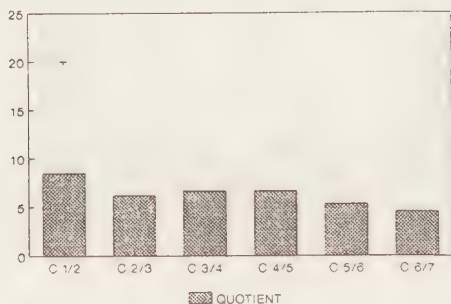
Parameter: 10452 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |      |
|----------------|-------|------|
| C 1/C 2: 88717 |       | 8,49 |
| C 2/C 3: 69975 | 59145 | 6,18 |
| C 3/C 4: 72485 | 66023 | 6,63 |
| C 4/C 5: 71644 | 66787 | 6,62 |
| C 5/C 6: 52144 | 58943 | 5,31 |
| C 6/C 7: 62672 | 31391 | 4,50 |

Das Pferd hat röntgenologisch und szintigraphisch qualitativ keine besonderen Befunde.



Quantitativ lässt sich keine vermehrte Anreicherung nachweisen.

## KEINE SPINALE ATAXIE

Alter: 9

Rasse: Warmblut

Geschlecht: MK

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

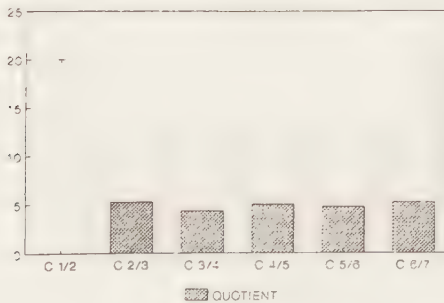
Parameter: 6697 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|          |       |       |
|----------|-------|-------|
| C 1/C 2: | 0     | 0,00  |
| C 2/C 3: | 32153 | 38120 |
| C 3/C 4: | 25587 | 32460 |
| C 4/C 5: | 30701 | 35906 |
| C 5/C 6: | 29061 | 34518 |
| C 6/C 7: | 32345 | 37003 |
|          |       | 5,25  |
|          |       | 4,33  |
|          |       | 4,97  |
|          |       | 4,75  |
|          |       | 5,18  |

Das Pferd hat röntgenologisch und szintigraphisch qualitativ keine besonderen Befunde.



Quantitativ lässt sich keine vermehrte Anreicherung nachweisen.

## KEINE SPINALE ATAXIE

Alter: 11

Rasse: Warmblut

Geschlecht: MK

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

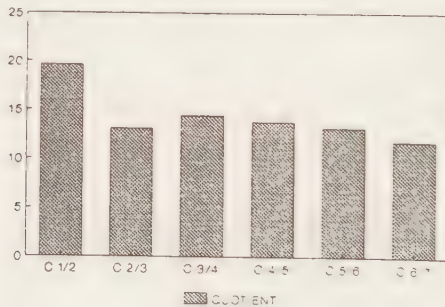
Parameter: 2961 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|          |       |       |       |
|----------|-------|-------|-------|
| C 1/C 2: | 58130 |       | 19,63 |
| C 2/C 3: | 38053 | 39317 | 13,06 |
| C 3/C 4: | 43317 | 41928 | 14,39 |
| C 4/C 5: | 42408 | 39180 | 13,78 |
| C 5/C 6: | 40677 | 37288 | 13,17 |
| C 6/C 7: | 34955 | 35023 | 11,82 |

Das Pferd hat röntgenologisch und szintigraphisch qualitativ keine besonderen Befunde.



Quantitativ lässt sich keine vermehrte Anreicherung nachweisen.

## KEINE SPINALE ATAXIE

Alter: 11

Rasse: Warmblut

Geschlecht: W

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

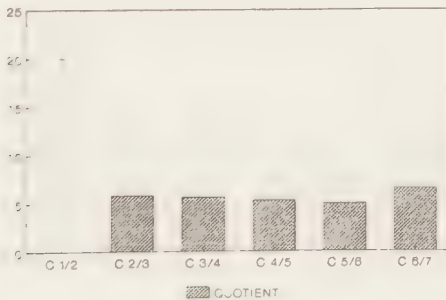
Parameter: 5653 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|          |       |       |      |
|----------|-------|-------|------|
| C 1/C 2: | 0     | 0,00  |      |
| C 2/C 3: | 34745 | 31654 | 5,87 |
| C 3/C 4: | 32589 | 31287 | 5,65 |
| C 4/C 5: | 30742 | 28916 | 5,28 |
| C 5/C 6: | 28170 | 28152 | 4,98 |
| C 6/C 7: | 35820 | 37939 | 6,52 |

Das Pferd hat röntgenologisch und szintigraphisch qualitativ keine besonderen Befunde.



Quantitativ lässt sich keine vermehrte Anreicherung nachweisen.

## KEINE SPINALE ATAXIE

Alter: 12

Rasse: Warmblut

Geschlecht: MK

Kollimator: LEHR

Szintigraphie in Narkose

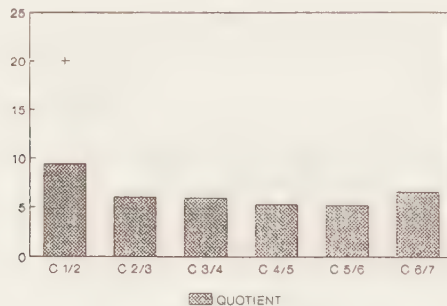
Parameter: 10428 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |      |
|----------------|-------|------|
| C 1/C 2: 98363 |       | 9,43 |
| C 2/C 3: 63240 | 62535 | 6,03 |
| C 3/C 4: 57367 | 66899 | 5,96 |
| C 4/C 5: 53099 | 57643 | 5,31 |
| C 5/C 6: 50526 | 57670 | 5,19 |
| C 6/C 7: 64897 | 72482 | 6,59 |

Das Pferd hat röntgenologisch und szintigraphisch qualitativ keine besonderen Befunde.



Quantitativ lässt sich keine vermehrte Anreicherung nachweisen.

## KEINE SPINALE ATAXIE

Alter: 12

Rasse: Warmblut

Geschlecht: MK

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

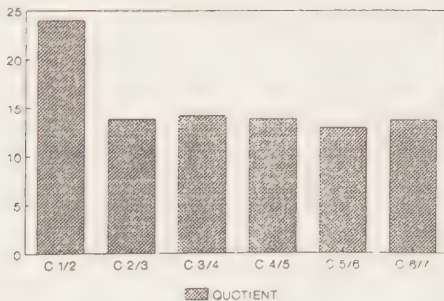
Parameter: 2319 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 55637 |       | 23,99 |
| C 2/C 3: 31267 | 32933 | 13,84 |
| C 3/C 4: 30490 | 35217 | 14,17 |
| C 4/C 5: 29697 | 34463 | 13,83 |
| C 5/C 6: 28469 | 31401 | 12,91 |
| C 6/C 7: 30354 | 33336 | 13,73 |

Das Pferd hat röntgenologisch und szintigraphisch qualitativ keine besonderen Befunde.



Quantitativ lässt sich keine vermehrte Anreicherung nachweisen.

## KEINE SPINALE ATAXIE

Alter: 14

Rasse: Warmblut

Geschlecht: MK

Kollimator: LEHS

Szintigraphie im Stehen

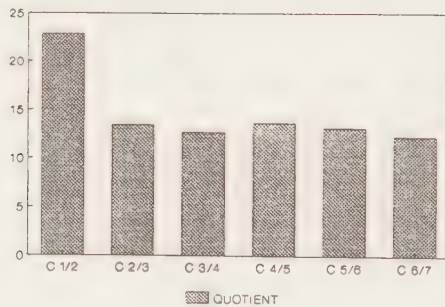
Parameter: 2388 Counts

Errechnete Counts

Quotient aus errechneten  
Counts und dem Parameter

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| C 1/C 2: 54497 |       | 22,82 |
| C 2/C 3: 33787 | 30383 | 13,44 |
| C 3/C 4: 30286 | 30129 | 12,65 |
| C 4/C 5: 31860 | 33137 | 13,61 |
| C 5/C 6: 30264 | 32279 | 13,10 |
| C 6/C 7: 28535 | 29791 | 12,21 |

Das Pferd hat röntgenologisch und szintigraphisch qualitativ keine besonderen Befunde.



Quantitativ lässt sich keine vermehrte Anreicherung nachweisen.

## D. DISKUSSION

Das klinische Erscheinungsbild der spinalen Ataxie des Pferdes ist hinreichend bekannt und übereinstimmend in der Literatur beschrieben. Es handelt sich um eine Rückenmarksläsion mit Schädigung der Leitungsbahnen durch einen raumeinengenden Prozeß des Wirbelkanals mit bevorzugter Lokalisation im Bereich der Halswirbelsäule. Da die Leitungsbahnen des Rückenmarks zu dem Koordinierungssystem für den Bewegungsablauf gehören, entsteht eine Störung der Muskelgruppenfunktion (Böhm 1975) und damit der ataktische Gang. Dieser äußert sich vor allem in unkoordinierten Bewegungen der Hinterhand, die langsam oder plötzlich und in unterschiedlicher Stärke auftreten können (Schebitz und Schulz 1965). Auffallend ist das jugendliche Alter der Patienten, die den Literaturangaben zugrunde liegen. Schebitz und Schulz (1965) berichten über Tiere im Alter zwischen drei Monaten und drei Jahren, mit dem Schwerpunkt Fohlen. Auch Milne (1965) betont das jugendliche Pferd. Von 26 untersuchten Patienten beträgt das Durchschnittsalter 20 Monate. Rooney's (1963) Patientengut von 31 Pferden setzte sich aus acht Fohlen, 15 Einjährigen, sechs Zweijährigen und zwei Dreijährigen zusammen. Bei den sieben von Dahme und Schebitz (1969) untersuchten Pferden war das Älteste vier Jahre alt. An dem eigenen Patientenmaterial fällt auf, daß immer häufiger ältere Pferde mit spinaler Ataxie vorgestellt werden und daß auch bei akut aufgetretenen Symptomen mit und ohne nachgewiesenem Trauma bereits Röntgenbefunde vorliegen, die auf Grund ihres zum Teil fortgeschrittenen Stadiums nicht erst zum Zeitpunkt der klinisch manifesten spinalen Ataxie entstanden sein können. Die Möglichkeit der Mobilisation eines bereits vorhandenen Prozesses diskutieren auch Schebitz und Schulz (1965), Schebitz, Schulz, Pohlenz, Mechlenburg (1965), sowie Böhm (1975), keiner der Autoren weist aber schwerpunktmäßig auf dieses Problem hin. In der vorliegenden Arbeit wurden deshalb betont ältere Pferde zugrunde gelegt, und zwar handelte es sich um acht bis dreijährige Pferde und 11 Ältere. Auffallend war, daß sich unter den an spinaler Ataxie ersten Grades erkrankten Pferden lediglich ein Einjähriger befand, während alle anderen vierjährig und älter waren. Jeweils zwei Ein-, Zwei- und Dreijährige, also noch junge Pferde befanden sich in der Gruppe der an spinaler Ataxie zweiten

Grades erkrankter Pferde. Der Grund für die veränderte altersmäßigen Zusammensetzungen des Patientenmaterials liegt in der fortgeschrittenen Erfahrung bei der klinischen Untersuchung und in den verbesserten röntgenologischen Techniken. Eine große Rolle spielt außerdem die zunehmend kritischere Einstellung der Besitzer gegenüber unklaren Bewegungsstörungen, wie sie bei der spinalen Ataxie ersten Grades gesehen werden können.

Die Verteilung der Rassen unter den 34 untersuchten gesunden Pferden stimmt ungefähr mit der der erkrankten überein. Es handelte um 73,5 % gesunde und 89,4 % erkrankte Warmblüter. Der Anteil des englischen und arabischen Vollbluts bei den erkrankten Tieren betrug jeweils 5,2 %, unter den gesunden Tieren jeweils 3 %. Diese Verhältnisse entsprechen in etwa auch der Rassezusammensetzung des gesamten Patientenmaterials der Klinik, so daß von einer Rassedisposition nicht gesprochen werden kann.

Ein Drittel der insgesamt 53 Pferde waren weiblichen Geschlechts, ein etwa gleich hoher Anteil von Stuten befand sich auch unter den erkrankten Tieren. Auch diese Zusammensetzung von männlichen und weiblichen Tieren entspricht dem allgemeinen Patientenmaterial der Klinik. Bei den Stuten kann nicht unbedingt, wie beim Hengstfohlen angenommen werden, daß der Schaden an der Halswirbelsäule im Fohlenalter entstanden ist.

Die klinische Untersuchung der an spinaler Ataxie erkrankten Pferde des eigenen Materials ist in Anlehnung an das von Dahme und Schebitz (1970) veröffentlichte Schema durchgeführt worden. Die Gradeinteilung der spinalen Ataxie erfolgte auf Grund der Symptome, die beim Vorführen an der Hand erkennbar sind (Dahme und Schebitz 1970). Prinzipiell stimmen die eigenen Untersuchungsbefunde mit den beschriebenen überein, die Symptomatik beim älteren gerittenen Pferd ist jedoch unterschiedlich zu sehen. Der klinische Untersuchungsgang und die Eingruppierung ist dahingehend geändert worden. Eine Erkrankung ersten Grades liegt nach Dahme und Schebitz (1970) dann vor, wenn die Bewegungsstörungen der Vor- und Nachhand bei kurzen Wendungen und Schrittwechsel deutlich sind, der Gang leicht wiegend-schwankend und Trab noch möglich ist. Auf Grund der veränderten altersmäßigen Zusammensetzung des Patientenmaterials wurden Pferde schon dann als ersten Grades erkrankt angesehen, wenn die Symptome wesentlich geringer waren und zum Teil erst provoziert werden mußten. Während die Symptome zweiten und dritten Grades

deutlich erkennbar sind, setzt die Erkennung der Symptome ersten Grades eine gewisse Erfahrung voraus. Da ein erheblicher Unterschied zwischen der Bewegung an der Hand und unter dem Sattel besteht, wird im Vorbericht meist der Verdacht auf eine Rückenerkrankung im Bereich der Lendenwirbelsäule vermutet. Die Pferde können das Gewicht und den Einfluß des Reiters auf den Bewegungsablauf nicht kompensieren. Die Versammlung, die besonders von der Koordination des Bewegungsablaufes und erhöhtem Schub aus der Hinterhand abhängt, ist nicht oder nicht mehr genügend möglich. So sieht man an der Hand und unter dem Sattel erst beim Übergang vom Trab in den Schritt ein geringes Einknicken oder Schwanken in der Hinterhand. Führt man das Pferd in Schlangenlinien sieht man nur gelegentlich eine mähende Gliedmaßenführung und dies auch nur dann, wenn die äußere Hintergliedmaße den größeren Bogen beschreibt. Die gleichen Symptome kann man bei einer Vorderhandwendung erkennen. Eine wesentliche Änderung betrifft das Rückwärtsrichten. Es handelt sich dabei um eine Lektion die vom Pferd nur ungern ausgeführt wird und sehr vom Ausbildungs- und Erziehungszustand abhängig ist. Vor allem beim jungen Pferd kann nicht beurteilt werden, ob es wegen einer Erkrankung oder nur in Unkenntniss der Lektion nicht rückwärtsgehen will. Aus diesem Grund ist es nicht möglich ein Pferd mittels des Rückwärtsrichtens in eine graduelle Einteilung zu bringen.

Differentialdiagnostisch zu einer spinalen Ataxie ersten Grades müssen bilateral auftretende Erkrankungen der Hinterhand abgeklärt werden. Schmerzbedingt kann es zu einer Verspannung des Rückens mit ebenfalls gering verändertem Bewegungsablauf kommen. Im Unterschied zu diesen Pferden ist die Rückenmuskulatur von Pferden, die an spinaler Ataxie erkrankt sind aber sehr locker. Desweiteren müssen differentialdiagnostisch Erkrankungen der Wirbelsäule ausgeschlossen werden, die nicht mit einer Einengung des Wirbelkanals, sondern mit Schmerzen und mechanischer Störung verbunden sind.

Nach Kraft (1987) sind die Vor- und Nachhand dann betroffen wenn der Ort der Schädigung cranial des sechsten Halsnerven liegt, nur die Nachhand bei Schädigung caudal des zweiten Thorakalnerven. Dieser Behauptung stehen die pathologisch-anatomischen Untersuchungen von Dahme und Schebitz (1970) gegenüber. Sie fanden bei Pferden, die unterschiedlichen Grades an spinaler Ataxie

erkrankt waren, also Koordinationsstörungen der Vorder- und/oder Hintergliedmaßen aufwiesen, Veränderungen nur am Halsmark. Schebitz und Schulz (1965), sowie Schulz, Schebitz, Pohlenz und Mechlenburg (1965) und Rooney (1965) konnten bei erkrankten Tieren ebenfalls nur Veränderungen am Halsrückenmark feststellen. Nach Dahme und Schebitz (1970), Böhm (1975), Hebeler (1977), Böhm und Hebeler (1980), Winzer (1982), Vandevelde und Frankhauser (1987) sowie Withwell und Dyson (1987) ist eine röntgenologische Untersuchung der Halswirbelsäule notwendig, um festzustellen, ob und wo ein raumbeengender Prozeß der Halswirbelsäule vorliegt. Durch den Fortschritt in der Röntgentechnik und die Neuentwicklung von verbesserten Röntgenfolien besteht heute die Möglichkeit Röntgenaufnahmen der Halswirbelsäule mit relativ niedrigen Belichtungszeiten bei hoher Detailzeichnung am stehenden Pferd anzufertigen. Die röntgenologische Untersuchung erfolgte bei 50 Pferden im Stehen. Aus anatomischen Gründen ist die Projektion des siebten Halswirbels am schwierigsten. Durch die zunehmende Dicke der Muskulatur ist eine längere Belichtungszeit notwendig. Die korrekte Platzierung der Rasterkassette im Winkel von 90 Grad zum Zentralstrahl ist ebenfalls wegen der zunehmenden Halsbreite erschwert. Da die Kassette vom Bedienenden des Röntgengerätes kaum eingesehen wird, ergeben sich zusätzlich Schwierigkeiten. Bei sechs der 19 an spinaler Ataxie erkrankten Pferde wurden röntgenologisch keine Veränderungen gesehen. Bei den verbleibenden 13 Pferden konnten positive Röntgenbefunde in Form von sieben Subluxationen, vier Frakturen, fünf arthrotisch veränderten Gelenken und fünfmal dem Verdacht auf A. def. erhoben werden, welche als Ursache der Erkrankung in Frage kämen. In der Arbeit von Hebeler (1977) wird deutlich gemacht, daß Subluxationen in Form eines Herausgleitens eines Wirbelkopfes über den Pfannenrand des korrespondierenden Wirbels nur beim an spinaler Ataxie erkrankten Pferd auftreten. Anders verhält es sich bei den anderen Befunden. Ein röntgenologisch im Sinne einer A. def. verändertes Gelenk ist nicht beweisend für eine Läsion des Rückenmarks im selben Bereich. Das selbe könnte auch bei einem frakturierten Gelenk behauptet werden, da nach Withwell und Dyson (1987) die Fraktur im Anschluß an einen vorher schon existierenden pathologischen Prozeß entstehen kann. Es ist deswegen nicht überraschend, daß bei immerhin sechs Pferden (18,2 %) ohne jede klinische Problematik einer Halswirbelsäulenerkrankung achtmal

eine Arthropathia deformans oder der Verdacht auf eine arthrotische Umgestaltung des Gelenks diagnostiziert wurde. Falten und Dellen am Gelenkknorpel wurden pathologisch-anatomisch schon von Rooney (1963) bei Vollblütern ohne klinische Anzeichen einer Inkoordination festgestellt. Ähnliche Veränderungen wurden auch von Schulz, Schebitz, Pohlenz, Mechlenburg (1965) und Mechlenburg (1967), sowie Bollwein (1987) bei der pathologisch anatomischen Untersuchung festgestellt. Nach den Autoren Schulz, Schebitz, Pohlenz, Mechlenburg (1965) und Mechlenburg (1967) scheint der fünfte Halswirbel eine Prädilektionsstelle für Umbauvorgänge beim gesunden und erkrankten Pferd zu sein. Röntgenologisch können diese Ergebnisse nur insofern bestätigt werden, da im eigenen Material Veränderungen an den Gelenkfortsätzen des fünften Halswirbels nur bei an spinaler Ataxie erkrankten Pferden gesehen werden.

Withwell und Dyson (1987) sahen röntgenologisch bei 50 % der untersuchten Pferde Veränderungen am Gelenk C 6/C 7. Auf das Gelenk C 6/C 7 fallen auch in dieser Arbeit die meisten Befunde. Der prozentuale Anteil der betroffenen gesunden Pferde beträgt zwar nur 17,6 %, bei den erkrankten Tieren jedoch 31,5 %. Besonders schwierig ist, im Hinblick auf eine Erkrankung, die Beurteilung des Ausmaßes von Veränderungen an der caudalen Halswirbelsäule, da am Übergang vom Hals- zum Brustmark das Rückenmark zur Intumescentia cervicalis anschwillt. Im Vergleich zu dem vorderen Abschnitt der Halswirbelsäule genügt hier schon eine geringere Einengung um eine Läsion des Rückenmarks auszulösen.

Die röntgenologischen Befunde Spondylarthrose und Verdacht auf Arthropathia deformans der Gelenkfortsätze bei erkrankten Pferden werden bis auf einmal beim Gelenk C 3/C 4 nur an den Gelenken C 5/C 6 bis C 7/1 gefunden. Im Gegensatz zu diesen röntgenologischen Diagnosen fand Rooney (1963) bei der pathologisch-anatomischen Untersuchung von Wobblern das Gelenk C 3/C 4 zu 60 %, die Gelenke C 5/C 6 und C 6/C 7 nur in 12 % der Fälle betroffen. Dies muß kein Widerspruch sein, da ein röntgenologischer Befund sicher erst in einem deutlich fortgeschrittenerem Stadium erkennbar ist. Insgesamt wird viermal bei drei Pferden röntgenologisch eine Fraktur der kleinen Wirbelgelenke gesehen. Die Lokalisation dieser Veränderungen betrifft die Gelenke von C 4/C 5 bis C 6/C 7. Auffallend ist, daß bei Frakturen immer ein sagittal verlaufender

Frakturspalt festgestellt wird. Ätiologisch kommt für die Lokalisation und den Frakturverlauf ein starkes seitliches Trauma in Frage, zum Beispiel ein Sturz mit Abrollen über die Schulter. Das stürzende Pferd hebt im Moment des Abrollens über die Schulter den Kopf stark seitlich an. Da die caudale Halswirbelsäule am Brusteingang stärker in der Längsachse fixiert ist, dürften an den Procc. articulares des fünften und sechsten Halswirbels die größte seitliche Belastung entstehen. Es kommt zum Abscheren eines Teils des Gelenkfortsatzes.

Bei vier an spinaler Ataxie erkrankten Pferden wurden Subluxationen in Form eines Herausgleitens eines oder mehrerer Wirbelköpfe über den Pfannenrand des korrespondierenden Wirbels gesehen. Es handelte sich ausschließlich um ein- oder zweijährige männliche Tiere, wie auch schon von Schebitz und Schulz (1965) berichtet wurde. Subluxationsstellungen werden in sechs von sieben Fällen an der vorderen Halswirbelsäule von C 2/C 3 bis C 4/C 5 gesehen. Dies entspricht den Angaben von Hebler (1977), sowie Böhm und Hebler (1980), wonach die stärkste Beweglichkeit der abgebeugten Halswirbelsäule sich beim Fohlen am Gelenk C 2/C 3 befindet und sich diese mit zunehmenden Alter auf die Gelenke C 3/C 4 und C 4/C 5 verlagert. Die Prädisposition des männlichen Tieres für Subluxationen mit den klinischen Folgen liegt im Sozialverhalten innerhalb des Herdenverbandes. So kommt es bei sehr jungen Tieren spielerisch zu Rivalitätskämpfen, wobei ein Sturz nach hinten mit Abrollen über den abgebeugten Hals der Auslöser für die Erkrankung sein kann.

Bei acht der an spinalen Ataxie erkrankten Pferde werden neunmal Spondylarthrosen oder mindestens der Verdacht auf eine Arthropathia deformans an den kleinen Wirbelgelenken gesehen. Bei einem Einjährigen wird neben dem Verdacht auf eine A. def. zusätzlich eine Subluxation und bei einem zweijährigen Pferd neben einer diagnostizierten A. def. eine Fraktur der benachbarten kleinen Wirbelgelenke diagnostiziert. Pferde nur mit A. def. und Verdacht auf A. def. sind dreijährig und älter. Letzteres entspricht den Ergebnissen von Schebitz und Schulz (1965) und Böhm (1975), wonach beim älteren Pferd meist eine vorgeschädigte Halswirbelsäule in Form einer Spondylarthrose vorliegt und ein zusätzliches Trauma nun der Auslöser für die Erkrankung ist.

Die Skelettszintigraphie ermöglicht die Früherkennung von arthrotischen Veränderungen bis zu zwei Jahre vor klinischen und röntgenologischen Befunden (Ueltschi 1975). Demnach können pathologisch-anatomische Befunde, wie sie von mehreren Autoren beschrieben werden, durch die Szintigraphie intra vitam diagnostiziert werden. Der Wert der Szintigraphie liegt nämlich nach Lamb und Koblik (1988) in der Entdeckung von pathophysiologischen Prozessen und nicht erst in dem Nachweis von morphologischen Umgestaltungen. Eine weitere Indikation für eine szintigraphische Untersuchung liegt nach Bessler (1975), sowie Bessler und Feine (1979) in der Bestätigung eines Röntgenbefundes. Daraus geht hervor, daß z.B. der Verdacht auf eine A. def. durch ein Szintigramm erhärtet werden kann. Zu beachten ist aber, daß ein szintigraphisches Ergebnis bei einer verheilten Skelettläsion negativ ausfällt, auch wenn eindeutig ein röntgenologisch positiver Befund vorliegt. Die 55 szintigraphischen Untersuchungen wurden 41 mal am stehenden und 14 mal am in Narkose liegenden Pferd durchgeführt. Ueltschi (1987) gibt an, daß die Halswirbelsäule im Liegen von lateral mit einem LEHR-Kollimator bei Zählung von 1 000 000 Counts durchgeführt werden sollte. Die Vorteile von Aufnahmen am liegenden Pferd sieht er in der Möglichkeit die Zähldauer wegen fehlender Abwehrbewegungen des Pferdes zu erhöhen. Bei unruhigen Pferden bzw. durch Sedation nicht genügend ruhig gestellten Pferden, ist unserer Meinung nach dieses Vorgehen unerläßlich. Durch häufige Wiederholung wird nicht zuletzt das Personal einer hohen Strahlenbelastung ausgesetzt, sondern es werden auch Aufnahmen mit Bewegungsunschärfe angefertigt, die nicht interpretiert werden dürfen.

Die Anfertigung von Szintigrammen mit dem kleinen Detektorkopf (Registrieflächendurchmesser 25 cm) erfolgte von 24 Pferden 12 mal in Seitenlage. Durch die Erhöhung der registrierten Counts von 400 000 am stehenden Pferd auf 750 000 und der Verwendung eines LEHR-Kollimators konnte die Qualität der Szintigramme wesentlich erhöht werden. 31 Szintigraphien wurden mit einer Großfeldkamera durchgeführt, davon 29 mal am sedierten, stehenden Pferd und ohne Qualitätsverlust. Da in der Regel nur drei Aufnahmen angefertigt werden müssen, ist die Aufnahmedauer verkürzt. Die Großfeldkamera erscheint geeignet für Aufnahmen am stehenden Pferd.

Um durch die Szintigraphie zu einem korrektem Ergebnis zu kommen,

ist die Form der Dokumentation ausschlaggebend. Es stehen unterschiedliche Möglichkeiten zur Verfügung. Da der Photomultiplier und der Szintillator in hohem Maße für die gleichmäßige Registrierung der Strahlen verantwortlich sind, dürfen Abweichungen vom optimalen Wert nach Ueltschi (1987) den Wert von 10 % nicht überschreiten. Benutzt man für die Dokumentation z.B. ausschließlich Polaroidbilder, bei denen Aktivitätsunterschiede erst ab 20 % sichtbar werden, ist die Gefahr von Fehlbeurteilungen sehr hoch. Bei der Dokumentation mittels Röntgenfilm besteht diese Gefahr weniger, da die sichtbaren Aktivitätsunterschiede schon bei 10 % erscheinen. Die optimale Untersuchungseinheit für die Knochenszintigraphie besteht nach Creutzig und Hundeshagen (1973) aus einer hochauflösenden Kamera mit der Möglichkeit einer digitalen Datenverarbeitung. Ein nuklearmedizinischer Rechner ermöglicht es, die Ergebnisse auf verschiedene Arten zu beurteilen. Das Prinzip der Auswertung besteht immer - ob qualitativ oder quantitativ - in einem Vergleich des vermeintlich erkrankten mit dem gesunden gegenseitigen oder angrenzenden Bereich. Lamb und Koblik (1988) berichten, daß der Vergleich von zwei Gelenken und die quantitative Analyse der Szintigramme durch einen Computer zu einem Wegweiser in der Diagnostik werden kann. In der Humanmedizin können Szintigramme der Wirbelsäule in zwei Ebenen anzufertigt werden (Schneider 1984 und Papanicolaou et al. 1985). Dadurch besteht die Möglichkeit eines Seitenvergleiches der kleinen Wirbelgelenke. Bei dorso-ventraler Aufnahme der caudalen Halswirbelsäule vergrößert sich der Abstand der Wirbel zu der strahlenregistrierenden Fläche erheblich, der Detektorkopf kann zudem nicht parallel dem Verlauf der Wirbelsäule angelegt werden, so daß Aufnahmen von minderer Qualität entstehen. Der Vergleich mit den jeweils benachbarten Gelenken ist wegen der unterschiedlichen Größe, Beweglichkeit und Beanspruchung der Gelenke ungenau. Dies fällt besonders bei Szintigrammen mit dem kleinen Detektorkopf ins Gewicht, da vor allem beim erwachsenen Pferd maximal zwei Gelenke abgebildet werden. Den Vorteil der Großfeldkamera, wie sie in der Chirurgischen Universitäts-tierklinik München eingesetzt wird, betonen auch Pabst et al. Sie halten einen Szintillator mit 40 cm Durchmesser ideal für knochenszintigraphische Untersuchungen.

Um die Anreicherungen an einem Gelenk der Halswirbelsäule des Pferdes beurteilen zu können, bleibt nur die Lösung wie sie von

Emrich (1979) und Schneider (1979) beschrieben wurde. Demnach soll ein ROI in der angrenzenden Skelettregion als Divisor verwendet werden. Als Referenzwert wird ein ROI in den Arcus vertebrae des vierten Halswirbels gelegt. Die Lage am vierten Halswirbel wird als ideal angesehen, da sie auf den Szintigrammen jedes Pferdes wegen der Position und Größe leicht reproduzierbar ist. Auf diese Weise können Grundwerte für jedes Gelenk erarbeitet werden. Die Notwendigkeit dieses Vorgehens hat sich bestätigt, da die Grundwerte voneinander abweichen. Auffallend ist die abnehmende Speicherung des Radiopharmakons von C 1 bis C 5. Ein auffallend höheres, aber als physiologisch anzusehendes Speicherungsverhalten besitzt das Gelenk C 6/C 7. Die an sich nach caudal abfallende Aktivitätsabnahme setzt sich bei C 7/ Th 1 fort (Graphik 5). Nach Whitwell und Dyson (1987) soll röntgenologisch nicht nur ein Gelenk, sondern die Halswirbelsäule als ganzes beurteilt werden. Auch bei szintigraphischen Untersuchungen soll die Halswirbelsäule als ganzes beurteilt werden. Dies ist deswegen so wichtig, weil Veränderungen an einem Gelenk folglich zu einer veränderten Stellung und damit zu Umbauprozessen an den benachbarten Gelenken führen (Schulz, Schebitz, Pohlenz, Mechlenburg 1965). Die Beteiligung mehrerer Gelenke in Form einer erhöhten Beweglichkeit wurde auch von Hebler (1977) beschrieben.

Insgesamt werden 30 szintigraphisch qualitative und 22 szintigraphisch quantitative Befunde erhoben. Vergleicht man nun die qualitativen mit den quantitativen Ergebnissen, werden die Nachteile bei der optischen Begutachtung nur eines Ausschnittes der Halswirbelsäule deutlich. Bei der qualitativen Beurteilung werden zum Beispiel Aktivitätsunterschiede von ca 0,3 Quotientenhöhe zu dem vorhergehendem Gelenk gesehen. Diese geringe Differenz in der Speicherung des Radiopharmakons liegt aber noch innerhalb der Standartabweichung wie sie beim gesunden Pferd errechnet wurde. Es liegt also kein eindeutig positiver Befund vor. Die qualitative Beurteilung der Szintigramme besagt lediglich, daß zur Zeit nur geringe Umbauvorgänge vorliegen. Ein weiterer Nachteil bei der Beurteilung von nur zwei oder drei Gelenken besteht darin, daß sehr leicht die eventuell erhöhte Speicherung mehrerer Gelenke übersehen werden kann. Bei drei an spinaler Ataxie erkrankten Pferden, bei denen die Erkrankung durch die Subluxation eines oder mehrerer korrespondierender Wirbel hervorgerufen wird, sieht man durch die erwei-

terte qualitative Beurteilung deutlich die Mehrbelastung der nach caudal folgenden kleinen Wirbelgelenke. Diese ansteigende Tendenz der Quotienten kann dann auch quantitativ bestätigt werden. Durch die qualitative Beurteilung werden bei nur einem Pferd zwei Befunde an den caudalen Gelenken sicher diagnostiziert. Bei der Nachuntersuchung des gleichen Pferdes ein Jahr später werden diese Gelenke dann noch qualitativ beanstandet. Nach Bessler (1975) bedingt die Hyperämie synovialer Strukturen eine extraossäre Ablagerung des Radiopharmakons. Klingt die Hyperämie ab, kann auch nicht mehr mit einer erhöhten Speicherung gerechnet werden. Dies erklärt im Falle der Subluxationen die geringe Anreicherung. Im einem Falle einer älteren Fraktur der kleinen Wirbelgelenke wird das betroffene Gelenk qualitativ befundet, die vermehrte Speicherung des davorliegenden Gelenks aber übersehen. Durch die arthrotische Umgestaltung kam es zu einer röntgenologisch nachvollziehbaren Größenzunahme der Gelenkfläche und damit flächenmäßig größeren Anreicherung.

Bei der quantitativen Beurteilung der Halswirbelsäule können derartige Fehlerquellen ausgeschlossen werden. Fehlbeurteilungen können durch eine standardisierte Aufnahmetechnik vermieden werden. Voraussetzung für die quantitative Beurteilung ist, daß immer dieselben Gelenke auf einem Szintigramm aufgenommen werden. Die Quotienten der Gelenke eines kranken Pferdes werden dann denen von gesunden gegenübergestellt. Die Ergebnisse sind, da sie unabhängig von der Aktivität/kg Körpergewicht und den gezählten Impulsen sind jeweils miteinander vergleichbar.

Insgesamt werden 22 szintigraphisch quantitative Befunde bei 16 Pferden, davon 11 an spinaler Ataxie erkrankt diagnostiziert. Bei drei der erkrankten Pferde sind zwei Befunde (nebeneinanderliegend) gesehen worden. 11 von 14 Befunden der erkrankten Pferde betreffen die Gelenke C 4/C 5 und C 5/C 6. Diese Befunde entsprechen den pathologisch-anatomischen Arbeiten von Schulz, Schebitz, Pohlenz, Mechlenburg (1965) und Mechlenburg (1967), wonach der fünfte Halswirbel eine Prädispositionsstelle für arthrotische Veränderungen und Asymmetrien der Gelenkfortsätze ist.

Mit der erweiterten qualitativen Befundung wurden 28 Gelenke mit vermehrter Speicherung festgestellt. 20 der Befunde sind an den Gelenken C 4/C 5 und C 5/C 6. 13 mal werden die Befunde an diesen Gelenken bei an spinaler Ataxie erkrankten Pferden gesehen. Dieses

Ergebnis spricht auch dafür, daß der fünfte Halswirbel besonders beansprucht ist.

Szintigraphisch werden sowohl bei gesunden, als auch erkrankten Pferden die Gelenke C 4/C 5 und C 5/C 6 qualitativ und quantitativ beanstandet.

Zusammenfassend kann aus der Lokalisation der Befunde bei der szintigraphischen Untersuchung der Schluß gezogen werden, daß die größte Beanspruchung der Halswirbelsäule in den Gelenken C 4/C 5 und C 5/C 6 kompensiert wird. Röntgenologische Befunde bei C 6/C 7 sollten nicht überbewertet werden.

Bei sechs der an spinaler Ataxie erkrankten Pferde werden szintigraphische aber keine röntgenologischen Ergebnisse gefunden. Dies ist kein Widerspruch, da die Versuchsanordnung der Szintigraphie ein wesentlich feinerer Indikator als das Röntgen für Veränderungen des Skeletts ist. Röntgenologische Befunde geben keine Auskunft über metabolische Abläufe (Bessler 1975).

Bei vier Pferden werden ausschließlich röntgenologische Befunde gesehen. Sie sind immer an C 6/C 7 und C 7/Th 1 lokalisiert. Umbauvorgänge die zu arthrotischen Veränderungen führen, speichern das Radiopharmakon vermehrt. In diesen Fällen sind die metabolischen Prozesse zur Ruhe gekommen. Es besteht jedoch die Möglichkeit, daß es als Folge eines Traumas zu erneuten Umbauvorgängen kommt. Diese Erhöhung des Calciumstoffwechsels wird dann zu einer vermehrten Speicherung und damit zu einem szintigraphischen Befund führen.

Unter dem Patientenmaterial befinden sich drei Pferde mit vier röntgenologisch diagnostizierten Frakturen. Nur zwei dieser Frakturen reichern auch szintigraphisch quantitativ erhöht an, bei den nicht anreichernden Gelenken haben sich die Umbauprozesse also beruhigt. Auffallend ist allerdings, daß die den Frakturen benachbarten Gelenke ein erhöhtes, aber noch innerhalb der Norm liegendes Speicherungsvermögen zeigen. Bei einem dieser Pferde sind die morphologischen Veränderungen des Gelenkes cranial der Fraktur soweit fortgeschritten, daß hier auf Grund des szintigraphisch quantitativen Befundes auch der Verdacht auf eine A. def. geäußert wird. Die Fraktur selbst wird in diesem Falle szintigraphisch nicht beanstandet.

Bei acht Pferden mit einer A. def. oder dem Verdacht auf eine A. def. wird ebenfalls an den Gelenkfortsätzen des cranial

liegenden Wirbels eine erhöhte Anreicherung festgestellt. Aus diesen Beobachtungen kann gefolgert werden, daß es im Falle von arthrotischen Veränderungen oder Frakturen zu einer vermehrten Belastung der cranial davorliegenden kleinen Wirbelgelenke kommt. Bei fünf Pferden kann diesbezüglich auch ein Röntgenbefund erhoben werden. Die szintigraphischen Ergebnisse schließen aber nicht aus, daß diese Gelenke bei dem erstmaligen Trauma mitbetroffen waren. Schebitz, Schulz, Pohlenz und Mechlenburg (1965) berichten, daß arthrotische Prozesse mit Schmerz verbunden sein dürften, und das Tier so zu einer entlastenden Korrektur in der Stellung der Wirbel veranlassen. Diese Behauptung wird durch die szintigraphischen und röntgenologischen Ergebnisse dieser Arbeit nicht uneingeschränkt bestätigt. Sollten arthrotische Veränderungen mit Schmerzen einhergehen, so wird das Gelenk, welches der Grund für die veränderte Stellung der benachbarten kleinen Wirbelgelenke ist, ebenfalls anreichern. Daraus geht hervor, daß beide Gelenke eine erhöhte Speicherung aufweisen würden. Röntgenologisch kann nicht unterschieden werden, ob ein arthrotisch umgestaltetes Gelenk der Auslöser für die vermehrte Beanspruchung in dem benachbarten Gelenk ist. Legt man aber die Tatsache zugrunde, daß durch einen beendeten Umbauprozess an einem arthrotisch veränderten Gelenk eine funktionelle Einschränkung der Beweglichkeit vorliegt, so reichert lediglich das Gelenk an, welches erhöht beansprucht wird, nämlich das Gelenk welches sich cranial der A. def. befindet. Bei sechs erkrankten und drei gesunden Pferden kann dieser Tatbestand zugrunde gelegt werden. Die drei noch gesunden Pferde sind, da eine durch die Szintigraphie nachweisbare Belastung anderer Wirbelgelenke induziert wurde, in besonders hohem Maße für eine spinale Ataxie prädisponiert.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß Pferde mit röntgenologisch arthrotischen Veränderungen an der Halswirbelsäule für eine spinale Ataxie gefährdet sind. Besonders prädisponiert sind aber diejenigen Pferde, welche neben einer nicht vermehrt speichernden hochgradigen A. def. an einem benachbartem Gelenk szintigraphisch anreichern.

## E. ZUSAMMENFASSUNG

An der Chirurgischen Tierklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München wurden 1987 die Halswirbelsäulen von 19 an spinaler Ataxie erkrankten und 34 gesunden Pferden klinisch, röntgenologisch und szintigraphisch untersucht.

Im Gegensatz zu Literaturangaben befinden sich nur wenig sehr junge Pferde unter den erkrankten Tieren. Ein großer Teil der Pferde wurde noch geritten.

Bei einem Drittel der erkrankten Patienten handelt es sich um Stuten.

Der Untersuchungsgang und die Einteilung in drei Grade wird entsprechend dem Patientenmaterial geändert. Das Rückwärtsrichten entfällt.

Die röntgenologische Untersuchung wird bei 50 Pferden im Stehen ohne Qualitätsverlust gegenüber Aufnahmen am in Narkose liegenden Tier angefertigt.

Von den arthrotischen Veränderungen ist das Gelenk C 6/C 7 sowohl beim gesunden, als auch beim erkrankten Tier am meisten betroffen. Die Gelenkfortsätze des fünften Halswirbels sind nur beim erkrankten Pferd im Sinne einer Arthropathia deformans verändert. Bei 18,2 % der klinisch gesunden Pferde werden röntgenologisch arthrotisch veränderte Gelenke diagnostiziert.

Die szintigraphische Untersuchung erfolgt bei 24 Pferden mittels eines Szintillators mit einem Durchmesser von 24 cm, bei den verbleibenden 29 Pferden wird eine Großfeldkamera benutzt.

Um Aufnahmen von gleicher Qualität anfertigen zu können, empfiehlt es sich bei Benutzung des kleineren Szintillators die Untersuchung im Liegen durchzuführen.

An die Gammakamera ist ein nuklearmedizinische Rechner angeschlossen. Dadurch besteht die Möglichkeit die Auswertung der Szintigramme auf verschiedene Arten durchzuführen.

Im folgenden wird auf die Problematik der Interpretation von Szintigrammen der Halswirbelsäule des Pferdes eingegangen.

Anhand gesunder Pferde werden quantitative Werte der einzelnen Gelenke ermittelt. Dadurch entsteht die Möglichkeit einer korrekten, jederzeit reproduzierbaren Beurteilungsmöglichkeit.

Es wird festgestellt, daß die einzelnen Gelenke ein unterschiedliches physiologisches Speicherungsverhalten besitzen. Bei erkrankten Pferden mit Subluxation eines oder mehrerer

Wirbelköpfe über den Pfannenrand des korrespondierenden Wirbelkörpers wird festgestellt, daß es an den folgenden Gelenken zu einer nur gering erhöhten Anreicherung des Radiopharmakons kommt.

Die häufigste Lokalisation für positive szintigraphische Befunde befindet sich an den Gelenken von C 4/C 5 und C 5/C 6.

Gesunde Pferde mit röntgenologisch nachweisbarem arthrotisch verändertem Gelenk C 6/C 7 sind prädisponiert für die spinale Ataxie.

Gesunde Pferde mit arthrotisch verändertem Gelenk C 6/C 7 sind besonders dann gefährdet, wenn die cranial davorliegenden Gelenke einen positiven szintigraphischen Befund besitzen.

## SUMMARY

Clinical, radiographic and scintigraphic examination of the cervic spine of horses with special regards to spinal ataxia.

In 1987 the cervical spine of 19 diseased horses with spinal ataxia and 34 normal horses were analysed clinically, radiographically and szintigraphically at the Department of Surgery of the Ludwig-Maximilians-Universität München.

In contrast to the literature only a few young horses were affected. A large proportion of horses were ridden.

One third of the affected patients were mares.

Examination procedure and classification in three groups is changed according to case material. Walking horses backwards is unnecessary.

Radiographical examination was done on 50 horses standing, without loss of quality comparing radiographs taken under anaesthesia on lying animals.

Of the arthrosis signs in normal as well as in diseased animals the joint C 6/C 7 is most times altered. The articular process of the fifth cervical vertebrae affects only diseased horses in the true sense termed deforming arthropathy.

In 18,2 % of the clinically sound horses arthrosis joint changes were diagnosed radiographically.

Szintigraphical examination was done on 24 horses using a szintillator with 24 cm in diameter, in the remaining 29 horses a szintillator with 40 cm in diameter was used. If the smaller szintillator is employed, it is recommended to do the examination with the horse lying, to produce pictures of the same quality. A nuclear medical computer is integrated in the gamma-camera. Therefore making it possible to compute the results of the szintigraphs in various ways.

The problematic of interpretation of szintigraphs in equine cervical spines is discussed.

With normal horses quantitative results of each joint are determined, allowing correct and any time reproducible assessments.

In diseased horses with subluxation of one or many cranial vertebrae bodies of the joint surface of the corresponding, it was

shown that the following joints had only a small uptake of the radiopharmakon.

The common localisation for positive szintigraphic results is found in the joints C 4/C 5 and C 5/C 6.

Normal horses demonstrated radiographically with an arthrosis deformed joint of C 6/C 7 are predisposed for spinal ataxia.

Horses with arthrosis deformed joint C 6/C 7 are extraordinarily jeopardised if the cranial lying joints have a positive szintigraphic sign.

## F. LITERATURVERZEICHNIS

1. ADAMS, O.R. (1974):  
Lameness in horses. 3.Aufl.  
Lea & Febiger, Philadelphia
  
2. ADAMS, S.B., STECKEL, R. u. W. BLEVINS (1985):  
Diskospondylitis in five horses.  
JAVMA, 3, 270 - 272
  
3. ATTENBURROW, D.P., BOWRING, C.S. u. W. VENNART (1984):  
Radioisotope bone scanning in horses.  
Equine Vet. J., 16, Nr.2, 121 - 124
  
4. BARBER, D.L. u. R.E. ROBERTS (1983):  
Imaging: Nuclear  
Veterinary Radiology, 24, Nr.2, 50 - 57
  
5. BESSLER, W. (1975):  
Die Skelettszintigraphie.  
Schweiz. Med. Wschr., 105, 175 - 180
  
6. BESSLER, W. u. U. FEINE (1979):  
Die szintigraphische Untersuchung der Wirbelsäule.  
Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd. 83, 107 - 113
  
7. BJÖRCK, G., EVEREZ, K.E., HANSEN, H.-J. u. B. HENRICSON  
(1973):  
Congenital cerebellar ataxia in the gotland pony breed.  
Zbl. Vet. Med. A. 20, 341 - 354
  
8. BÖHM, D. u. W.-G. HEBELER (1980):  
Die funktionelle Röntgenuntersuchung der Halswirbelsäule des  
Pferdes unter Berücksichtigung der spinalen Ataxie.  
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 93, 181 - 184
  
9. BÖHM, D. (1975):  
Zur Differentialdiagnose der cerebellaren und spinalen Ataxie des  
Pferdes. Ein Fall von cerebellarer Ataxie beim Fohlen.  
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr., 88, 81 - 86
  
10. BOLLWEIN, A. (1986):  
Altersbedingte Veränderungen an den Zwischenwirbelscheiben und an  
den Spaltgelenken der Halswirbelsäule beim Pferd.  
Vet.Med.Diss. München

11. BOSSCHE, G.V. (1987):

Chronische Otitis media - interna mit Beeinträchtigung des N. facialis und N. vestibulocochlearis - Fallbericht und allgemeine Betrachtung.

Pferdeheilkunde, 3, 3, 157 - 164

12. BÜLL, U., BALSER, D. u. K.W. FREY (1974):

Vergleichende tierexperimentelle Untersuchungen zur Verteilung von  $^{99m}\text{Tc}$  - Pyrophosphat,  $^{99m}\text{Tc}$  - Diphosphonat und  $^{85}\text{Sr}$ .

Fortschr. Röntgenstr., 120, Nr.4, 481 - 488

13. BÜLL, U. u. U. WINKLER (1983):

Zur Ursache fokaler Mehrspeicherungen in der Halswirbelsäule bei Skelettszintigraphischen Routineuntersuchungen. Röntgen - Bl., 63, 305 - 509

14. CREUTZIG, H. u. H. HUNDESHAGEN (1973):

Knochenszintigraphie mit  $^{99m}\text{Tc}$  - Polyphosphat und Strontium - Radionukliden.

Fortschr. Röntgenstr., 119, Nr.5, 560 - 568

15. CREUTZIG, H., GERDTS, K.-G. u. A. CREUTZIG (1977):

Vergleichende Untersuchungen mit osteotropen Radionukliden.

Fortschr. Röntgenstr. 126, Nr.3, 258 - 262

16. DAHME, E. u. H. SCHEBITZ (1970):

Zur Pathogenese der spinalen Ataxie unter Zugrundelegung neuerer Befunde.

Zbl. Vet.Med. A 17, 120 - 143

17. DAHME, E. u. E. WEISS (1983):

Grundriß der speziellen pathologischen Anatomie der Haustiere.

3.Aufl. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart

18. DEVOUS, M.D. u. A.R. TWARDOCK (1984):

Techniques and applications of nuclear medicine in the diagnosis of equine lameness.

JAVMA, 184, Nr.3, 318 - 325

19. DIETZ, O. u. E. WIESNER (1982):

Handbuch der Pferdekrankheiten für Wissenschaft und Praxis. Bd.2, Krankheiten des Nervensystems.

VEB Gustav Fischer Verlag Jena

20. ELLENBERGER, W. u. H. BAUM (1947):

Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere. 18.Aufl.

Springer - Verlag, Berlin

21. EMRICH, D. (1979):  
Nuklearmedizin, Funktionsdiagnostik und Therapie. 2.Aufl.  
Georg Thieme Verlag
22. FARROW, C. S. (1981):  
Exercise in Diagnostic Radiology.  
Can. Vet. J., 22, 359 - 360
23. FOSS, R.R., GENETZKY, R.M., RIEDESEL, E.A. u. C. GRAHAM  
(1983):  
Cervical Intervertebral Disk Protrusion in Two Horses.  
Can. Vet. J., 24, 188 - 191
24. FRANK, G. (1967):  
Untersuchungen am Wirbelskelett bei abortierten Fohlen im Hinblick  
auf die spinale Ataxie.  
Vet.Med.Diss. Hannover
25. GETTY, R. (1975):  
The anatomy of the domestic animal. 4.Aufl.  
W.B. Saunders & Co., Philadelphia
26. HEBELER, W-G. (1977):  
Die funktionelle Röntgenuntersuchung der Halswirbelsäule des  
Pferdes unter Berücksichtigung der spinalen Ataxie.  
Vet.Med.Diss. München
27. HERTSCH, B. u. ABD EL SALAM RAGAB (1977):  
Röntgenologische Untersuchung der Epiphysenfugenschließung an den  
Halswirbeln beim Pferd.  
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 90, 172 - 176
28. HOLLEMAN, A.F. u. E. WIBERG (1976):  
Lehrbuch der anorganischen Chemie. 81 - 90.Aufl.  
Walter de Gruyter, Berlin, New York
29. HORNOF, W.J., KOBLIK, P.D. u. T.R. O'BRIEN (1982):  
Use of nuclear scintigraphy to characterize an intrathoracic mass  
in a foal.  
JAVMA, 180, Nr.11, 1319 - 1322
30. KNEZEVIC, P.F. (1985):  
Orthopädie bei Huf- und Klautentieren. Bd.8 Archiv für  
tierärztliche Fortbildung.  
Schlütersche Verlagsanstalt und Druckerei

31. KRAFT, W. (1987):  
Neurologische Untersuchungen des Pferdes.  
Tierärztl. Prax., 15, 167 - 179
32. LAMB, C.R. u. P.D. KOBLIK (1988):  
Scintigraphic Evaluation of Skeletal Disease and its Application  
to the Horse.  
Veterinary Radiology, 29, Nr.1, 16 - 27
33. LOTZ, W. u. M. CEN (1978):  
Die Szintigraphie bei röntgenologisch unklaren  
Wirbelkörperverletzungen.  
Fortschr. Röntgenstr., 129, Nr.2, 228 - 234
34. MACKEY, V.S., TRAUT, D.R., MEAGHER, D.M. u. W.J. HORNOF  
(1987):  
Stress Fractures of the Humerus, Radius and Tibia in Horses.  
Clinical Features and Radiographic and/or Szintigraphic  
Appearance.  
Veterinary Radiology, 28, Nr.1, 26 - 31
35. MECHLENBURG, G. (1967):  
Untersuchungen der Halswirbelsäule und des Rückenmarks beim Pferd  
im Hinblick auf Veränderungen bei der spinalen Ataxie.  
Vet.Med.Diss. Hannover
36. MILNE, D., GABEL, A., CHRISMAN, C. u. A. FETTER (1975):  
Diagnosis and Pathology of the Wobbler Syndrome  
(Spondylolisthesis) a Preliminary Study.  
Equine Journal, 75, 303 - 309
37. NICKEL, R., SCHUMMER, A. u. E. SEIFERLE (1978):  
Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. 5.Aufl.Bd.1,  
Bewegungsapparat.  
Parey Verlag, Berlin, Hamburg
38. NICKEL, R., SCHUMMER, A. u. E. SEIFERLE (1975):  
Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Bd.4, Nervensystem, Endokrine  
Drüsen, Sinnesorgane.  
Parey Verlag, Berlin, Hamburg
39. NIXON A.J. (1984):  
Cervical Intervertebral Disk Protrusion in a Horse.  
Veterinary Surgery, 13, 154 - 158
40. PABST, H.W., ADAM, W.E., HÖR, G., KRIEGEL, H. u. K. OEFF  
(1985):  
Grundlagen der Nuklearmedizin.

41. PAPANICOLAOU, N., WILKINSON, R.H., EMANS, J.B., TREVES, S. u. L.J. MICHELI (1985):  
Bone Szintigraphy and Radiography in Young Athletes with Low Back Pain.  
American Roentgen Ray Society, 145, 1039 - 1044
42. REDAKTION NATURWISSENSCHAFT UND MEDIZIN DES BIBLIOGRAPHISCHEN INSTITUTS (1979):  
Duden "Wörterbuch medizinischer Fachausdrücke". 3.Aufl.  
Georg Thieme Verlag
43. RIJK, VAN P.D. (1986):  
Nuclear Techniques in Diagnostic Nuclear Techniques in Diagnostic Medicine.  
Martinus Nijhoff Publishers
44. ROLLE, M. u. A. MAYR (1978):  
Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenlehre. 4.Aufl.  
Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart
45. ROONEY, J.R. (1963):  
Equine Incoordination. 1. Gross Morphology.  
Cornell Vet., 53, 411 - 422
46. ROONEY, J.R. (1974):  
Die Lahmheit des Pferdes. Ursachen, Symptome und Behandlung.  
L. B. Ahnert - Verlag
47. SCHEBITZ, H. u. L.-CL. SCHULZ (1965):  
Zur Pathogenese der spinalen Ataxie beim Pferd - Spondylarthrosis, klinische Befunde.  
Dtsch. Tierärztl. Wschr., 72, 496 - 601
48. SCHNEIDER, R. (1984):  
Procedures in Skeletal Radiology.  
Grune & Stratton, Inc., 621 - 627
49. SCHULZ, L.-CL., SCHEBITZ, H., POHLENZ, J. u. G. MECHLENBURG (1965):  
Zur Pathogenese der spinalen Ataxie des Pferdes - Spondylarthrosis, pathologisch - anatomische Untersuchungen.  
Dtsch. Tierärztl. Wschr., 72, 502 - 506
50. SELEIM, MAGDY ABDEL HAMEID AHMED (1986):  
Beitrag zur Diagnostik und Therapie von intraartikulären Frakturen des Talokruralgelenkes beim Pferd.  
Vet.Med.Diss., München

51. SEMMLER, U., KAFARNIK, D. u. P. PFANNENSTIEL (1979):  
Bedeutung der semiquantitativen Gelenkszintigraphie für die  
Frühdagnostik einer initialen Arthritis.  
Therapiewoche, 29, 477 - 480
52. SPRINGORUM, H.W., BOSTEL, F., PUHL, W. u. P. GEORGI (1984):  
Wirbelsäulen - Szintigraphie nach Harrington - Spondylodese.  
Z. Orthop., 122, 255 - 259
53. STOVER, S.M., HORNOF, W.J., RICHARDSON, G.L. u. D.M. MEAGHER  
(1986):  
Bone szintigraphy as an aid in the diagnosis of occult distal  
tarsal bone trauma in three horses.  
JAVMA, 188, Nr.6, 624 - 627
54. SUBRAMANIAN, G. u. J.G. McAFEE (1971):  
A New Complex of  $^{99m}\text{Tc}$  for Skeletal Imaging.  
Radiology, 99, 192 - 196
55. SUBRAMANIAN, G., McAFEE, J.G., BLAER, R.J., KALLFELZ, F.A. u.  
F.D. THOMAS (1975):  
Technetium -  $^{99m}\text{Tc}$  - Methylene Diphosphonate. A Superior Agent For  
Skeletal Imaging: Comparison With Other Technetium Complexes.  
Journal of Nuclear Medicine, 16, Nr.8, 744 - 755
56. THEODORAKIS, M.C., BERMUDEZ, A.J., MANNING, J.P., KORITZ, G.D.  
u. C.J. HILLIDGE (1982):  
Liver szintigraphy in ponies.  
American Journal of Veterinary Research, 43, Nr.9, 1561 - 1565
57. TIPOLD, A., SCHUSSER, G., STANEK, CHR. u. J. WALDE (1987):  
Kongenitale Mißbildungen von Halswirbelsäule, Gehirn, Schädel,  
Augen und Vorderextremitäten bei einem tetraparetischen Fohlen.  
Pferdeheilkunde, 3, 149 - 156
58. UELTSCHI, G. (1975):  
Erste Ergebnisse von szintigraphischen Skelettuntersuchungen bei  
Pferden mit  $^{99m}\text{Tc}$  - Phosphatverbindungen.  
Schweiz. Arch. Tierheilk., 117, 383 - 392
59. UELTSCHI, G. (1987):  
Die Skelettszintigraphie beim Pferd. 1. Teil: Einführung.  
Pferdeheilkunde, 3, Nr.2, 99 - 104
60. UELTSCHI, G. (1987):  
Die Skelettszintigraphie beim Pferd. 1. Teil: Einführung.  
Pferdeheilkunde, 3, Nr. 2, 99 - 104

61. VANDEVELDE, M. u. R. FRANKHAUSER (1987):  
Einführung in die veterinärmedizinische Neurologie.  
Parey Verlag, Berlin, Hamburg

62. WHITWELL, K. E. u. S. DYSON (1987):  
Interpreting radiographs 8: Equine cervical vertebrae.  
Equine Vet. J. 19, 8 - 14

63. WINZER, H.J. (1982):  
Krankheiten des Pferdes. Ein Leitfaden für Studium und Praxis.  
Parey Verlag, Berlin, Hamburg

64. ZIETSCHMANN, O. u. O. KRÖLLING (1955):  
Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte der Haustiere. 2.Aufl.  
Parey Verlag, Berlin, Hamburg



## DANKSAGUNG

Bei Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. G. Dirksen möchte ich mich für die Überlassung des Dissertationsthemas und die großzügig gewährte Hilfe herzlich bedanken.

Mein besonderer Dank gilt Frau Dr. D. Böhm für die wissenschaftliche Anleitung, die wertvollen Hinweise und die ständige Hilfsbereitschaft bei der Anfertigung dieser Arbeit.

Herrn Dr. C. Piacenza danke ich für seine ständige Unterstützung und Beratung bei der Anfertigung und Auswertung der Szintigramme.

Ferner danke ich allen Mitarbeitern der Röntgenstation, des Pferdestalls und des Oberwiesenfelds für ihre kameradschaftliche Hilfsbereitschaft.

Bei meiner Freundin Elke bedanke ich mich für unterstützende Schreibarbeiten.



## LEBENS LAUF

|                            |                                                                                                                                       |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 27.07.57                   | Geboren in Höchstädt a. d. Donau<br>Eltern: Dipl. Ing. Otto Bschorer<br>Mina Bschorer, geb. Rieder                                    |
| 1963 - 1968                | Volksschule Bissingen                                                                                                                 |
| 1968 - 1973                | Gymnasium Donauwörth                                                                                                                  |
| 1973 - 1975                | Realschule Nürnberg mit Abschluß der<br>Mittleren Reife                                                                               |
| 1975 - 1978                | Lehre als Pferdewirt, Fachrichtung Reiten<br>mit staatlicher Prüfung                                                                  |
| 1978 - 1980                | Gymnasium Marburg mit Abschluß der<br>Allgemeinen Hochschulreife                                                                      |
| 1980 - 1986                | Studium der Tiermedizin an der<br>Ludwig-Maximilians-Universität München                                                              |
| 01.09.1986 -<br>31.01.1987 | Beschäftigung als wissenschaftlich Hilfskraft<br>an der Chirurgischen Tierklinik der Ludwig-<br>Maximilians-Universität München       |
| seit 11.1986               | Anfertigung der vorliegenden Dissertation                                                                                             |
| seit<br>01.10.1987         | Weiterbeschäftigung als wissenschaftliche<br>Hilfskraft an der Chirurgischen Tierklinik der<br>Ludwig-Maximilians-Universität München |









